ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 MARS 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès, survenu le 31 janvier 1942, à Montpellier, de M. *Henri Lagatu*, Correspondant pour la Section d'Économie rurale.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 8 avril au lieu du lundi 6.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros de certaines fonctions de Bessel et de Whittaker.* Note de M. **GEORGES GIRAUD**.

L'équation

$$\frac{d^2u}{dz^2}+\left(\frac{1}{4}-\frac{h}{z}+\frac{m-m^2}{z^2}\right)u=0 \tag{1}$$

se ramène par changement de variable aux équations hypergéométriques confluentes étudiées par Whittaker ([1]); si, en particulier, h est nul, elle se ramène aux équations de Bessel. Pour $h\neq 0$ elle admet la solution

$$(2)\quad\begin{cases} F_{h,m}(z)=\exp\dfrac{-iz}{2}z^m\left[\dfrac{1}{\Gamma(2m)}+\displaystyle\sum_{n=1}^{n=\infty}\dfrac{(m-ih)(m-ih+1)\dots(m-ih+n-1)}{n!\,\Gamma(2m+n)}(iz)^n\right], \\ \Gamma(2m)\,F_{h,m}(z)=M_{ih,\,m-\frac{1}{2}}(iz)\exp\dfrac{-i\pi m}{2}, \end{cases}$$

où $M_{\lambda,\mu}$ est une fonction de Whittaker; dans le dessein d'éviter que, pour $h=0$, $F_{0,m}$ soit identiquement nul pour m égal à zéro ou à un entier négatif, nous posons

$$F_{0,m}(z)=z^m\left[\frac{1}{\Gamma\left(m+\frac{1}{2}\right)}+\sum_{n=1}^{n=\infty}\frac{(-2^{-4}z^2)^n}{n!\,\Gamma\left(m+n+\frac{1}{2}\right)}\right]=2^{2m-1}\sqrt{z}\,J_{m-\frac{1}{2}}\left(\frac{z}{2}\right), \tag{3}$$

([1]) E. T. WHITTAKER et G. N. WATSON, *A course of modern Analysis* (3e édition, Cambridge, 1920), spécialement Chapitre XVI.

expression qui diffère de la première par un facteur dépendant uniquement de m; J_λ est une fonction de Bessel. Si, comme nous le supposerons, h et m sont réels, $F_{h,m}(z)z^{-m}$ est réel avec z, malgré l'apparence.

D'après un théorème connu, dû à Sturm, $F_{h,m}(z)$ et toutes les solutions réelles de (1) ont une infinité de zéros réels et, en dehors d'un intervalle fini convenablement choisi, la distance entre deux zéros consécutifs est aussi voisine qu'on veut de 2π. Pour les zéros réels de $F_{0,m}(z)$, d'autres renseignements découlent de la théorie des fonctions de Bessel. Nous nous proposons d'étudier les zéros imaginaires des fonctions $F_{h,m}(z)$. Pour les fonctions de Bessel, ce sujet a été abordé par M. Richard Courant, mais une erreur s'est glissée dans cette étude (²). Énonçons les résultats obtenus :

Pour que l'équation $z^{-m}F_{0,m}(z) = 0$ *ait des racines imaginaires, il faut et il suffit que* $2m$ *soit* < -1 *et ne soit pas un entier impair. Si l'on a* $|m+p| < 1/2$, p *étant un entier positif, cette équation a* $2p$ *racines imaginaires, et non davantage.*

Si h *n'est pas nul, pour que l'équation* $z^{-m}F_{h,m}(z) = 0$ *ait des racines imaginaires, il faut et il suffit que* $2m$ *soit* < -1 *et ne soit pas entier. Si l'on a* $0 < |m+p| < 1/2$, p *étant un entier positif, cette équation a* $2p$ *racines imaginaires, et non davantage.*

Que h *soit ou ne soit pas nul, les arguments de deux racines imaginaires distinctes sont toujours distincts.*

La démonstration commence par établir que, pour $m > 1$, toutes les racines sont réelles; il en est de même pour $h \neq 0$ et $2m$ égal à zéro ou à un entier négatif, et pour $h = 0$ et $2m$ égal à un entier négatif impair. Nous avons l'identité

$$(4)\qquad \frac{d}{dt}[F'_{h,m}(zt)\,F_{h,m}(\zeta t) - F_{h,m}(zt)\,F'_{h,m}(\zeta t)] \\ + (z-\zeta)\left[F'_{h,m}(zt)\,F'_{n,m}(\zeta t) + \left(\frac{1}{4} + \frac{m^2-m}{z\zeta t^2}\right)F_{h,m}(zt)\,F_{h,m}(\zeta t)\right] = 0,$$

où les accents indiquent des dérivations; z et ζ sont arbitraires, mais non nuls. Quand t est infiniment petit, chaque terme du premier membre est d'ordre $2m-2$ au moins par rapport à t; pour $h = 0$ et $2m$ égal à un entier négatif impair, et pour $h \neq 0$ et $2m$ entier et négatif ou nul, cet ordre devient $-2m$. Quand cet ordre est > -1, on peut intégrer chaque terme de zéro à une borne finie donnée. En prenant pour z une racine de l'équation, et pour ζ

(²) R. Courant et D. Hilbert, *Methoden der mathematischen Physik* (2ᵉ édition, Berlin, 1931), spécialement tome I, Chap. VII, § 2, nº 8. L'intégrale qui figure dans l'identité (36) de ce passage, n'existe que si λ est soit entier, soit > -1. L'identité qui précède (36) est analogue mais non identique à ce que devient pour $h = 0$ l'identité (4) de la présente Note.

le conjugué de z, on trouve

$$(z-\zeta)\int_0^1\left[|F_{h,m}(zt)|^2+\left(\frac{1}{4}+\frac{m^2-m}{t^2}\left|\frac{F_{h,m}(zt)}{z}\right|^2\right)\right]dt=0,$$

d'où, dans les cas annoncés, $z=\zeta$, c'est-à-dire que les zéros sont réels.

Ce point établi, on fait varier m en laissant h constant; les racines sont alors des fonctions de m. Chacune de ces fonctions ne peut cesser d'être réelle pour devenir imaginaire qu'en prenant la valeur *zéro*. Or l'équation n'admet la racine *zéro* que si $2m$ est égal à zéro ou à un entier négatif; si h est nul, il faut en outre que m ne soit pas entier; l'ordre de cette racine *zéro* est toujours $1-2m$. Soit $\beta/2+\pi/2$ l'argument de $\Gamma(m+ih)$, β étant fonction continue de m; en se fondant sur le développement asymptotique de $F_{h,m}(z)$, déduit de la théorie de Whittaker, et en supposant que m reste dans un intervalle borné donné, on établit l'existence de constantes positives y_1, n_0 et g telles que les parties imaginaires iy de toutes les racines remplissent la condition $|y|<y_1$, et que les parties réelles x appartiennent soit à l'intervalle

$$-2n_0\pi+2h\log(2n_0\pi)-m\pi-\beta-gn_0^{-1}\log n_0$$
$$<x<2n_0\pi+2h\log(2n_0\pi)+m\pi-\beta+gn_0^{-1}\log n_0,$$

soit à l'un des intervalles

$$|x-2n\pi-2h\log(2n\pi)-m\pi+\beta|<gn^{-1}\log n \qquad (n, \text{ entier } > n_0),$$
$$|x-2n\pi-2h\log(-2n\pi)+m\pi+\beta|<-gn^{-1}\log(-n) \qquad (n, \text{ entier } < -n_0);$$

ces intervalles sont deux à deux sans partie commune. Cela fait des domaines bornés D_0 et $D_n(|n|>n_0)$, dont l'ensemble contient toutes les racines de l'équation. Quand m varie continûment sans passer par une valeur telle que l'équation admette la racine *zéro*, on établit que le nombre des racines réelles et celui des racines imaginaires contenues dans chacun de ces domaines sont indépendants de m, et l'on parvient ainsi à trouver combien il y a de racines imaginaires; celles-ci appartiennent toutes au domaine D_0.

Pour établir enfin le résultat relatif aux arguments des racines, soient z et $z\tau$ deux racines de même argument, τ étant >1; soit ζ le conjugué de z. Il n'y a lieu à démonstration que si l'équation a des racines imaginaires, c'est-à-dire si m est $<-1/2$. Alors, en intégrant les deux membres de (4) de 1 à τ, on trouve $z=\zeta$, c'est-à-dire que z est réel. Les démonstrations se terminent ainsi.

CHIMIE MINÉRALE. — *Nouvelles analogies de l'ion triazote avec les halogènes. Cas des azotures de cuivre.* Note de M. Georges Denigès.

Dès la découverte de l'acide azothydrique et de ses sels, un rapprochement fut aperçu entre ces combinaisons et les dérivés correspondants du chlore : insolubilité de leurs sels d'argent, de mercure monovalent, de thallium et

de plomb, notamment. Mêmes similitudes s'observent entre les triazotures et les bromures et iodures.

Je me propose, dans cette Note, d'apporter de nouvelles preuves de l'analogie existant, dans leurs réactions, entre l'ion polyatomique monovalent $\overset{\displaystyle N}{\underset{\displaystyle N}{\|}}\!\!>\!N-$ et les chloroïdes vrais, je veux dire le chlore, le brome et l'iode, le fluor étant comme un membre aberrant de la famille des halogènes, car il se distingue, comme on sait, de ses congénères par maintes propriétés (solubilité de FAg, insolubilité des fluorures de la série calcique etc.).

J'avais établi ([1]) que l'ion N^3 était, comme les ions Cl, Br et I, capable de faire disparaître la fluorescence que la quinine présente en solution hydrosulfurique, et que cette propriété obéissait à la loi suivante :

Le produit des volumes d'une solution normale de chlore, brome, iode ou triazote, ionisés, nécessaires pour faire disparaître ou atténuer identiquement la fluorescence d'un même volume d'une solution de sulfate de quinine, par le poids atomique respectif de ces ions, est une quantité constante.

Cette loi, qui n'est pas applicable au fluor, beaucoup moins antifluorescent que les autres halogènes, peut être mise sous la forme plus simple : *le pouvoir antifluorescent des atomes des chloroïdes, vis-à-vis du sulfate de quinine, est droportionnel à leur poids.*

Il en résulte qu'à ce point de vue encore l'ion triazote se place entre les ions Cl et Br et peut être considéré comme un membre complexe, à constitution polyatomique, du groupe des chloroïdes.

Tout récemment, j'ai fait connaître ici-même ([2]) de nouvelles combinaisons cristallisées du cyanure de mercure, avec les halogénures alcalins, de formule générale $Cy^2Hg.XM$, et parmi lesquelles figurent des triazotures de potassium, cæsium, rubidium et ammonium, de tout point comparables aux chloro-, bromo- et iodocyanures des mêmes métaux, l'ion triazote jouant également, ici, le rôle du chlore, du brome et de l'iode. La place que doit occuper cet ion, dans la classification des métalloïdes, est donc ainsi absolument désignée.

Toutefois il faut, pour que cette manière de voir soit inattaquable, que ces analogies persistent dans divers cas non encore envisagés. Or la façon de se comporter de N^3, vis-à-vis du cuivre, semble, au premier regard, infirmer ce rapprochement.

C'est ainsi que lorsqu'on traite, en solution, le sulfate de cuivre par de l'azoture de sodium, on obtient un précipité brun d'azoture de cuivre bivalent alors que, dans les mêmes conditions, les chlorures et bromures alcalins fournissent un liquide dont la coloration bleue primitive tend à passer au

---

([1]) *Bulletin Soc. Pharm de Bordeaux*, 76, 1938, p. 65.
([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 604-606.

vert par suite de la formation partielle d'hydrates d'halogénures cuivriques de cette teinte.

Mais, si l'on tient compte de ce que ces halogénures, amenés à l'état anhydre, sont de couleur toute différente (marron pour le chlorure, noire pour le bromure) que même leur solution aqueuse, chauffée, tend à brunir en subissant une déshydratation et que, d'autre part, l'azoture cuivrique, tel qu'on l'obtient par double décomposition, est vraisemblablement anhydre ou, en tout cas, très peu hydraté [de 1/2 à 1 molécule d'eau, d'après Curtius et Risom ([3])], on voit que cette coloration les rapproche singulièrement de $(N^3)^2Cu$.

Un autre point important à considérer est que, jusqu'à ce jour, on n'a point obtenu d'azoture de cuivre monovalent comparable, par sa composition, sa couleur blanche, son insolubilité dans l'eau, sa solubilité dans l'ammoniaque etc., aux halogénures cuivreux, tels que le chlorure.

En effet, en dehors de l'azoture cuivrique, dont il vient d'être question, il n'a été décrit qu'un azoture, de couleur vert foncé, insoluble dans l'ammoniaque et produit en chauffant, à 250°, l'hydrate brun tétracuivrique dans un courant de gaz ammoniac ([4]). Dans cette réaction, il se dégage de l'eau et de l'azote et il reste un mélange d'azoture et d'oxyde cuivreux ([5]), qu'on peut enlever par digestion prolongée avec l'ammoniaque ([6]).

Cet azoture, de formule N^2Cu^6, prendrait ainsi naissance :

$$6\,NH^3 + 3\,Cu^4O^5H^2 \rightarrow N^2Cu^6 + 3\,Cu^2O + 4\,N + 12\,H^2O.$$

Traité par ClH, il réagirait comme suit :

$$N^2Cu^6 + 8\,ClH \rightarrow 6\,ClCu + 2\,ClNH^4,$$

ce qui est inexplicable avec la formule d'un triazoture cuivreux.

Cependant, j'ai pu obtenir ce triazoture par le procédé suivant, d'une simplicité telle qu'on peut, comme on va le voir, l'appliquer même quand on ne possède qu'une quantité d'azoture de sodium très restreinte.

Dans un petit verre à précipité, on fait dissoudre, à l'aide de 1^{cm^3} d'eau, $0^g,05$ de ce sel et $0^g,20$ de pyrosulfite de sodium (métabisulfite du commerce). Dans la solution limpide, on verse, goutte à goutte et en agitant chaque fois, une solution à 10 % de sulfate de cuivre, acidulée par 1 % d'acide acétique. Le mélange prend une teinte jaune très brun, tout en restant d'abord limpide. Après addition de 6 gouttes, il tend à se former un précipité brun qui apparaît très nettement lorsqu'on a versé $0^{cm^3},5$ de solution cuivrique, quantité maxima à employer. S'il y a précipité, on le fait disparaître en ajoutant, peu à peu, du pyrosulfite de sodium en poudre et le liquide tend à se décolorer.

L'addition de 5 à 6^{cm^3} d'eau, acidulée de 1 % d'acide acétique, donne alors un précipité blanc, d'aspect cailleboté (mais consistant en très petits cristaux hexaédriques) extrê-

---

([3]) *J. prakt. Chem.*, 2e série, 58, 1898, p. 261.

([4]) SCHRÖTTER, *An. Ch. Pharm. Lieb.*, 37, 1841, p. 136.

([5]) FIELD, *Ph. Mag.*, 4e série, 24, 1862, p. 123; WARREN, *Chem. N.*, 55, 1887, p. 165.

([6]) BERZELIUS, *Berz. Jahresb.*, 21, p. 28.

mement peu soluble dans l'eau. Il répond à la formule N^3Cu^I et est soluble dans les mêmes dissolvants que le chlorure, le bromure et l'iodure cuivreux, notamment dans l'ammoniaque. Sa solution ammoniacale absorbe l'oxyde de carbone et donne, avec l'acétylène, de l'acétylure cuivreux : il est donc, en tout point, comparable aux autres halogénures cuivreux qu'on peut, d'ailleurs, préparer d'une manière semblable à celle qui vient d'être indiquée pour lui avec, seulement, de très petites variations de technique. C'est ainsi qu'en dissolvant $0^g,20$ de pyrosulfite de sodium dans 2^{cm^3} d'une solution à 10% de bromure de potassium et ajoutant $0^{cm^3},5$ d'une solution de sulfate de cuivre au même titre, il se forme presque aussitôt un précipité blanc, cristallin, de bromure de cuivre monovalent.

Il résulte de ces faits que l'étude des rapports de l'ion N^3 avec le cuivre ne peut que renforcer le rapprochement des chloroïdes avec cet ion.

CORRESPONDANCE.

M. **Stanislas de Sèze** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

MM. **Pierre Bordet**, **Pierre de la Condamine** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches ou leurs publications.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la quadrature approximative d'une courbe.* Note ([1]) de M. **Maurice Thomas**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. On a souvent, dans la pratique, à quarrer une courbe dont on connaît les ordonnées pour une série de valeurs *régulièrement espacées* de l'abscisse, que la courbe corresponde à une loi expérimentale ou encore, par exemple, à une fonction dont la primitive doit faire l'objet d'une table.

M. Pierre Vernotte ([2]) a préconisé de répartir le domaine à quarrer en p groupes de q bandes, d'assimiler la courbe, dans chacune des bandes, à une parabole de degré q, et d'ajouter les p aires partielles. Pour notre part, nous avons eu en vue de particulariser au minimum les bandes du domaine, et nous avons assimilé, dans chaque bande, la courbe à un polynome particulièrement bien adapté à cette bande.

Nous avons cherché, somme toute, une généralisation de l'expression suivante (dans laquelle les notations ont des significations qu'il n'y a pas lieu d'expliciter) :

$$S_1 = h\left[\frac{y_p}{2} + y_{p+1} + y_{p+2} + \ldots + y_n + \ldots + y_{q-1} + \frac{y_q}{2}\right]$$

considérée comme évaluation approximative de $S = \int_{xp}^{xq} y\,dx$.

([1]) Séance du 23 mars 1942.

([2]) *Comptes rendus*, 214, 1942, pp. 107 et 155.

Voici quelques résultats auxquels nous avons été conduit.

2. En assimilant la courbe dans chaque intervalle (x_n, x_{n+1}) à une parabole du troisième degré passant par les quatre points connus d'abscisses x_{n-1}, x_n, x_{n+1} et x_{n+2}, nous avons trouvé, toutes réductions faites,

$$S_3 = S_1 - \frac{h}{24}(y_{p-1} - y_{p+1} - y_{q-1} + y_{q+1}).$$

Ainsi cette quantité, qui est très simple, puisque $S_3 - S_1$ ne fait intervenir que des ordonnées se trouvant au voisinage des limites de l'intervalle total, donne l'aire exacte correspondant à une courbe, continue mais à points anguleux, composée d'une succession d'arcs de paraboles du troisième degré, limités chacun à un petit intervalle de la variable; ces paraboles passent respectivement, non seulement par les points connus aux extrémités de leur arc considéré, mais aussi par l'un et l'autre des points connus immédiatement voisins.

L'expression de S_3 est parfaitement symétrique. Aucune parabole du deuxième degré ne pourrait donner un résultat aussi satisfaisant, si ce n'est celle qui, ne passant par aucun des points immédiatement voisins des limites de l'intervalle, passe également près de chacun de ceux-ci : la considération de cette parabole ([3]) conduit d'ailleurs à S_3.

3. En assimilant la courbe dans chaque intervalle (x_n, x_{n+1}) à une parabole du cinquième degré passant par les six points connus d'abscisses x_{n-2} à x_{n+2}, nous avons trouvé de même

$$S_5 = S_3 + \frac{11h}{1440}[+y_{p-2} - 2y_{p-1} + 2y_{p+1} - y_{p+2} - y_{q-2} + 2y_{q-1} - 2y_{q+1} + y_{q+2}].$$

En rapprochant des résultats des indications du tableau des différences premières, secondes etc. des valeurs $y_1, y_2, y_3, \ldots$, on peut prévoir en particulier que, λ étant un coefficient numérique convenable, la considération de la parabole d'ordre 7 permettrait d'obtenir

$$S_7 = S_5 - \lambda h[\varphi_{5,q} - \varphi_{5,p}]$$

avec

$$\varphi_{5,n} = y_{n+3} - 4y_{n+2} + 5y_{n+1} - 5y_{n-1} + 4y_{n-2} - y_{n-3}.$$

En écrivant que cette formule, appliquée à un petit intervalle, l'intervalle (0, 1) par exemple, de la parabole $y = x^7$, donne l'aire *exacte*, on obtient pour λ la valeur $191/(1440 \times 84)$.

Il n'y a pas de difficulté à considérer des paraboles de degré impair encore plus élevé.

4. Comme les s_{2a+1} correspondent à des courbes présentant des points anguleux à chaque limite de petits intervalles, et comme on peut penser

---

([3]) Sur cette parabole dite *symétrique*, voir notre travail dans le *Mémorial de l'Artillerie française*, 10, 1931, pp. 309 et suiv.

que parfois l'approximation serait meilleure si la courbe approchée n'en présentait pas, nous avons fait un calcul dans les conditions suivantes, dont la généralisation est d'ailleurs évidente.

En tout point connu, nous avons considéré la tangente à la parabole du quatrième degré passant par ce point et par les deux points les plus voisins des deux côtés du premier; dans tout petit intervalle, nous avons assimilé la courbe vraie à la parabole cubique, passant par les deux extrémités de la courbe dans cet intervalle et admettant pour tangente en ces points celles dont il vient d'être question : la courbe d'ensemble est composée d'une succession d'arcs de paraboles cubiques admettant mêmes tangentes aux points où ils se raccordent l'un à l'autre.

Appelant S_{05} l'aire correspondant à cette courbe et gardant les notations utilisées plus haut, nous avons trouvé

$$S_{05} = S_3 + \frac{h}{144}[y_{p-2} - 2y_{p-1} + 2y_{p+1} - y_{p+2} - y_{q-2} + 2y_{q-1} - 2y_{q+1} + y_{q+2}].$$

Ainsi S_{05} ne diffère de S_5 que par les coefficients de l'expression entre crochets, qui sont entre eux dans le rapport de 11 à 10.

5. Il convient de remarquer que, pour l'évaluation de l'aire considérée, les formules auxquelles nous sommes arrivé supposent connues certaines ordonnées $y_{p-1} \ldots y_{q+1} \ldots$ qui sont en dehors de l'intervalle dont l'aire est à évaluer; mais, s'il y a une difficulté de ce fait, on peut toujours faire application de la formule donnant S_3, par exemple à l'intervalle (x_{p+1}, x_{q-1}) et ajouter à l'aire trouvée celle correspondant respectivement aux deux petits intervalles (x_p, x_{p+1}) et (x_{q-1}, x_q), évalués séparément de la façon la plus judicieuse.

HYDRAULIQUE. — *Danger des manœuvres rythmiques dans les chambres d'équilibre.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

A partir d'un régime d'écoulement permanent, de vitesse dans le canal d'amenée égale à W_0, on arrête instantanément le débit de la conduite; puis, lorsque le plan d'eau atteint sa position la plus élevée, dans la cheminée, on réalise immédiatement une ouverture identique à celle qui existait primitivement; ensuite, au moment du passage du niveau par sa position minima, on ferme; on continue à effectuer ainsi une succession de manœuvres alternées d'ouvertures et de fermetures, rythmées suivant les déplacements mêmes du niveau, comme il vient d'être dit.

Nous avons calculé, en négligeant la perte de charge dans le canal d'amenée,

---

[1] Séance du 29 mars 1942.

et l'influence des variations de la hauteur de chute consécutives aux oscillations du plan d'eau, les amplitudes et les durées des déplacements successifs du niveau; nous trouvons ainsi que, si Z désigne la cote, au-dessus du niveau statique, atteinte à la fin de la première montée, cote dont la valeur est donnée par la théorie classique, les maxima et minima successifs ont comme amplitude le produit de Z par

$$1,\quad -\sqrt{2},\quad +\sqrt{3},\quad -\sqrt{4},\quad +\sqrt{5},\quad -\sqrt{6},\quad \ldots,$$

la durée de chacune des montées ou descentes correspondantes étant $(T/4)[1+(2\varphi/\pi)]$, T désignant la valeur classique de la période du système *chambre d'équilibre-canal d'amenée*, et φ étant déterminé par les valeurs successives suivantes de $\operatorname{tang}\varphi$:

$$0,\quad \sqrt{1},\quad \sqrt{2},\quad \sqrt{3},\quad \sqrt{4},\quad \sqrt{5},\quad \ldots.$$

Ainsi, dans le $n^{\text{ième}}$ déplacement du niveau (montée ou descente), la position extrême du plan d'eau a pour cote, par rapport au niveau statique,

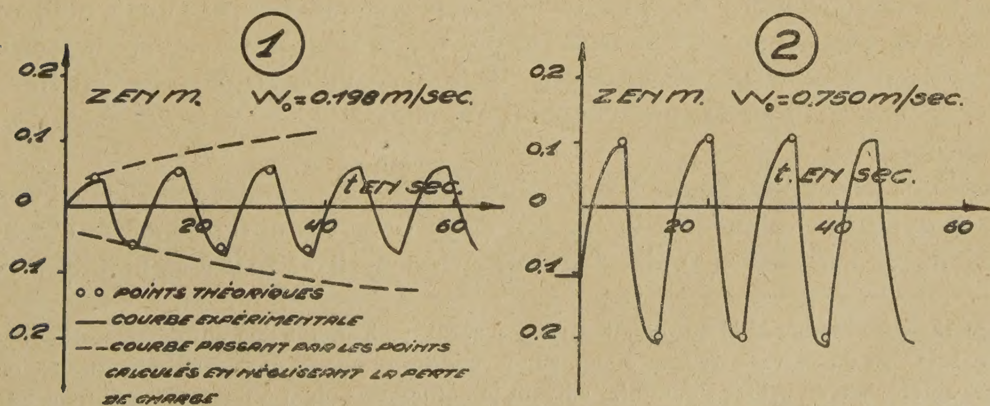
$$(-1)^{n-1}Z\sqrt{n},$$

la durée de ce déplacement étant

$$\frac{T}{4}\left[1+\frac{2}{\pi}\operatorname{arc\,tang}\sqrt{n-1}\right].$$

Nous avons ensuite étudié théoriquement le même problème, en tenant compte de la perte de charge dans le canal d'amenée et de l'influence des variations de la hauteur de chute consécutives aux oscillations du plan d'eau; un cas particulier important de cette étude concerne celui où le second élément peut être négligé. Les montées du plan d'eau peuvent être calculées analytiquement, les descentes doivent être examinées par la méthode graphique.

Nous avons enfin effectué de nombreux enregistrements sur un petit modèle : la cheminée d'équilibre a une section horizontale de 314^{cm^2}, le canal d'amenée



a une section de $28^{\text{cm}^2},3$ et une longueur de 574^{cm}; la hauteur de chute, 150^{cm}, est assez faible pour que ses variations ne puissent pas être négligées. La figure 1

donne l'un de ces enregistrements; nous avons porté, sur cette figure, les points représentant les maxima et minima théoriques, ainsi que la courbe passant par les points calculés en négligeant la perte de charge; cette courbe limite un domaine à l'intérieur duquel se loge l'inscription des oscillations. La figure 2 donne les mêmes éléments, pour une valeur plus forte de l'ouverture : les pertes de charge interviennent d'une façon beaucoup plus sensible, de telle sorte que les maxima et minima successifs se fixent presque immédiatement à leur valeur finale; sur cette figure, nous n'avons pas représenté la courbe passant par les points calculés sans tenir compte de la perte de charge, cette courbe n'ayant plus le moindre caractère d'approximation.

On voit, sur les figures 1 et 2, la bonne concordance qui existe entre la théorie et l'expérience. Ce résultat se maintient pour toutes les inscriptions qui ont été relevées. Celles-ci confirment également, au moins tant que la perte de charge dans le canal d'amenée n'a pas une valeur excessive, le fait, visible sur les figures 1 et 2, que l'amplitude du phénomène dépasse celle de la première montée. On vérifie également que les descentes sont plus accentuées que celles auxquelles conduit l'ouverture instantanée, à partir du repos, aboutissant à la même valeur de W_0.

Ces résultats montrent que le calcul d'une chambre d'équilibre, en vue des manœuvres normales de fermeture et d'ouverture, ne donne une sécurité complète que si l'on évite, dans l'exploitation, des manœuvres intempestives (déclenchement, mise en route, nouveau déclenchement etc.), risquant de constituer des perturbations rythmiques analogues à celles que nous avons étudiées.

PHYSIQUE. — *Microbalance à compensation électromagnétique*. Note de MM. **Pierre Manigault** et **Belling Tsaï**, présentée par M. Aimé Cotton.

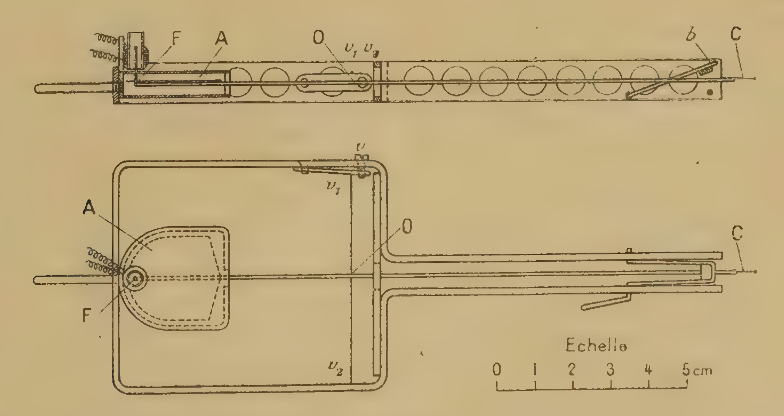
Le modèle de microbalance que nous avons construit est particulièrement adapté à des recherches de physique biologique poursuivies par l'un de nous. Il permet en effet d'une part de mesurer des forces dont la direction peut être inclinée sur la verticale (ou même être horizontale); d'autre part, de voir comment varient les forces lorsque leur point d'application se déplace de très petites quantités.

L'objet sur lequel s'exerce la force à mesurer est convenablement fixé à l'une des extrémités C d'une tige rigide FC (tube de pyrex étiré, diamètre $0^{mm},3$) qui joue le rôle de fléau [1]. Cette tige est elle-même fixée en O à un fil de quartz

(1) C'est à l'extrémité C du tube de pyrex servant de fléau que l'on enfonce à frottement doux une tige de verre étirée, façonnée sur la microforge de de Fonbrune et terminée en anse, en crochet, en griffe, en cupule, suivant la nature de l'objet à fixer. Pour enfoncer le porte-objet ou encore pour transporter la balance, on immobilise le fléau par un dispositif de bloquage *b*. On peut aussi, pour le rendre moins fragile, détendre le fil en desserrant la vis *v*.

très fin $v_1 v_2$ qui lui est perpendiculaire. Une mince plaquette de mica assujettie au bras OF trouve sa place dans une boîte plate, transparente, fixe, un peu plus grande qu'elle. Cette plaque sert d'amortisseur à air. Un bout de ruban d'anhyster ([2]) est fixé à l'extrémité du fléau F dans une direction perpendiculaire à OF et complète l'équipage mobile. Cet équipage est équilibré statiquement par des surcharges convenablement placées de façon que le centre de gravité soit sur l'axe O. Cela offre en particulier l'avantage que si les points d'attache v_1 et v_2 sont fixes, les trépidations n'affectent pas le fléau. De plus, la sensibilité de la balance est portée au maximum par suppression du balourd; seul le couple de torsion du fil de quartz intervient.

Le ruban d'anhyster est engagé dans une petite bobine d'environ 800 tours de fil de $0^{mm},1$ portée comme la boîte de l'amortisseur A par la fourchette qui soutient les extrémités du fil de torsion. Lorsqu'on fait passer dans la bobine un courant réglable, le ruban est attiré et l'on peut ramener le fléau dans la position initiale qu'on lui avait donnée sans que l'on ait à y toucher en aucune manière. L'opérateur observe avec un instrument grossissant un point du fléau, par exemple l'extrémité C, et il suffit de lire les indications du milliampèremètre pour avoir la valeur de la force exercée. La correspondance entre les deux a été en effet établie par un étalonnage préalable pendant lequel, le fléau étant disposé horizontalement, on compense la force électromagnétique par le poids de cavaliers de masses connues placés sur le fléau. Lorsqu'on veut mesurer des couples de forces verticales que le couple de torsion du fil ne permet pas d'équilibrer complètement, on se sert de tels cavaliers même pour obtenir l'équilibre initial.



Dans l'appareil construit au laboratoire, la masse totale du fléau et des organes qu'il porte est de $0^g,03$ et celle de l'appareil complet avec amortisseur et bobine n'est que de 20^g. Cet appareil de mesure tout entier peut ainsi être

([2]) On pourrait le remplacer par un simple bout de fil de fer doux, mais il faudrait alors supprimer les résidus d'aimantation provenant des expériences antérieures, ou en tenir compte.

adapté au récepteur du micromanipulateur de de Fonbrune (3), ce qui permet de choisir à son gré l'orientation de l'axe $c_1 c_2$ et la position initiale de C. Ce micromanipulateur, bien connu des biologistes, permettant par la manœuvre d'un levier unique d'effectuer très commodément tous les déplacements nécessaires, nous paraît devoir être signalé aux physiciens pour les services qu'il peut leur rendre.

A cet ensemble balance-micromanipulateur s'associe un viseur muni d'un oculaire à réticule. Le déplacement à mesurer est de 4^{mm} pour une surcharge de $0^{mg},01$.

L'appareil nous a servi en particulier à étudier les champs donnés dans l'entrefer et dans le voisinage par de petits aimants permanents. Le fléau portait une bille de bismuth de $2^{mg},2$ et la valeur de $\mathcal{H} d\mathcal{H}/dz$ était déduite immédiatement de la mesure de la force. Nous avons constaté que l'on obtient facilement avec ces petits aimants des valeurs de 10^7 C. G. S. pour ce produit.

Dans les cas où la compensation électromagnétique présente des inconvénients on adapte au fléau un dispositif de compensation utilisant des forces électrostatiques inspiré de ceux que l'on utilise dans les voltmètres électrostatiques.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'amplification des courants photoélectriques très faibles.* Note de M. **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Aimé Cotton.

Je me propose de comparer les résultats que j'ai obtenus dans l'amplification des courants photoélectriques très faibles par divers procédés.

1. *Amplificateur accordé.* — Un amplificateur accordé sur la fréquence 1000, et dont la bande passante est de 30 cycles environ, m'a permis de déceler, avec une grande stabilité des variations de 1 microvolt aux bornes de 5 mégohms (soit des variations de courant photoélectrique inférieures à 10^{-12} A). La capacité du circuit d'entrée n'a pas permis de gagner davantage par accroissement de cette résistance.

2. *Amplificateurs à courant continu.* — On peut alors utiliser des résistances d'entrée allant jusqu'à 10^{11} ohms. Je me suis servi d'une lampe électromètre Geco (pente 30 μA/volt) et d'un galvanomètre dont les caractéristiques sont les suivantes : sensibilité, 1^{mm} à 3^{m} pour 10^{-10} A période $T = 12$ s; résistance critique, 222000 ohms.

a. Montage à élimination de dérive. — J'ai employé le dispositif représenté par la figure 1. Il est analogue à celui indiqué par M. Gillod (1) à ceci près : il n'existe plus qu'une seule source débitant des courants appréciables, c'est E_1.

(3) *Bull. des Recherches et Inventions*, 16, 1935, p. 433.

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1080

Comme l'a montré M. Gillod, ce montage simple permet de diviser au moins par 100 l'importance de la dérive. Le galvanomètre est de plus à l'amortissement critique et, en prenant $E_2 = 1,5$ volt, une déviation de 1^{mm} correspond à une variation de $2,5.10^{-5}$ V sur la grille de la lampe électromètre. La dérive résiduelle, très faible d'ailleurs, et le bruit de fond me paraissent limiter à 10^{-4} V (c'est-à-dire à 10^{-15} A) la sensibilité de l'appareil.

b. Montage balistique. — Par sa nature même il élimine la dérive. J'ai étudié la liaison lampe électromètre-galvanomètre par transformateur ou par capacité (*fig.* 2 et 3). Dans les deux cas, si q est la charge ayant traversé le balistique à l'instant t, on a

$$\tau \frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{dq}{dt} = p \frac{dV_g}{dt} \tau'. \tag{1}$$

où p est la pente dynamique de la lampe, V_g la tension grille et τ' un terme caractérisant le couplage. τ et τ' ont des valeurs du même ordre comparables aux constantes de temps L/R des circuits du transformateur ou au produit C. R. Le fonctionnement en balistique limite τ, donc τ', à une certaine valeur $\tau_m < T$ et l'efficacité maxima de la liaison est approximativement donnée par

$$\Delta q = p \tau_m \Delta Vg. \tag{2}$$

α. Liaison par transformateur (*fig.* 2). — Une telle liaison est réalisée dans le montage décrit par M. Bruhat et ses collaborateurs [2]. Avec une lampe électromètre et une penthode EL_3, il permet d'apprécier 10^{-5} V environ.

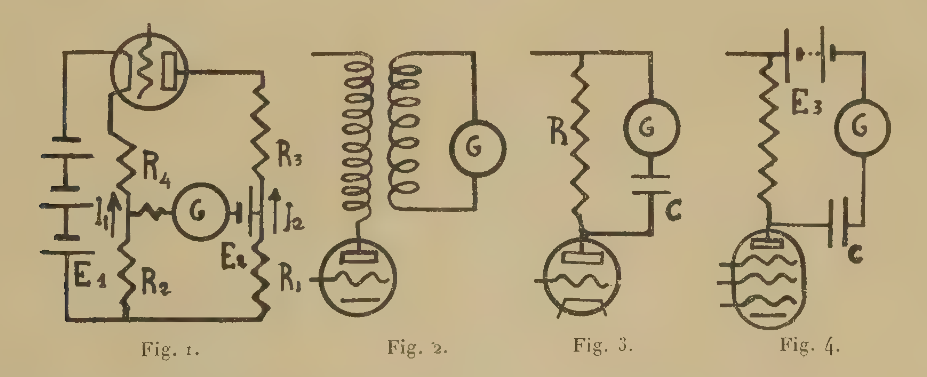


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

L'inconvénient est que la résistance des circuits limite L/R, donc τ, à des valeurs inférieures à la valeur optimum.

β. Liaison par condensateur (*fig.* 3). — J'ai, au contraire, facilement obtenu dans ce cas des valeurs plus grandes de τ, de 1 à 2 secondes, avec $R = 12000$ et $C = 150\ \mu F$. Un condensateur électrolytique courant, pouvant supporter 150 V, mais utilisé ici sous 1,5 V, a donné satisfaction, son courant de fuite étant assez faible et assez constant. L'amplificateur se réduisant à une lampe

---

(2) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 615.

électromètre avec $10^{11}\omega$ sur la grille, j'ai obtenu une déviation de 1^{mm} pour 5.10^{-5} V ou 5.10^{-16} A.

γ. *Comparaison.* — Avec la collaboration de MM. Bruhat et Raoult, j'ai, sur l'amplificateur décrit par ces auteurs, remplacé le transformateur par le condensateur (*fig.* 4) avec $R = 3000$ ohms et $C = 300\,\mu F$; la tension aux bornes de R est de 70 V. L'adjonction de E_3 permet de ramener la tension aux bornes du condensateur à une valeur assez faible pour que le courant de fuite ne soit pas gênant. La déviation est 3 fois plus grande qu'avec le transformateur.

δ. *Conclusion.* — Dans la mesure d'impulsions brèves par la méthode du balistique, l'élimination de toute variation lente et aussi des composantes à fréquences extrêmement basses du bruit de fond me paraît permettre d'approcher et peut-être d'atteindre 10^{-5} V, soit 10^{-16} A environ. Pour obtenir ce résultat, la liaison par condensateur me paraît plus simple que la liaison par transformateur; celle-ci nécessite un transformateur à très grande self spécialement construit pour cet usage.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *L'extension en surface des grandes gerbes de l'air.* Note de MM. **Jean Daudin** et **André Freon**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avions signalé ([1]) l'existence d'un effet permettant de mettre en évidence le rôle des photons dans les gerbes de l'air : lorsqu'on blinde les compteurs avec des feuilles de plomb, on observe un accroissement du nombre des coïncidences dû à la matérialisation des photons. La saturation est obtenue aux environs de 5^{mm} de plomb. Nous avons également calculé ([2]) la proportion et le spectre d'énergie des photons dans les gerbes en nous appuyant sur la théorie des cascades. Le nombre des photons doit être de 3 à 4 fois supérieur à celui des électrons, mais leur énergie moyenne est plus faible, presque tous ayant une énergie comprise entre 5.10^6 et 10^8 eV. L'effet coque calculé à partir de ces résultats (*loc. cit.*, p. 48) doit être tel que le nombre moyen de rayons actionnant un compteur soit accru de 50 à 70 % pour 4^{mm} de blindage. Tout se passe comme si la surface du compteur était multipliée par un facteur 1,50 à 1,70. Sachant comment l'efficacité d'un compteur varie avec la surface, on peut calculer l'augmentation théorique des coïncidences entre deux compteurs : elle devrait être de 100 à 130 %.

I. Dans le travail déjà cité, nous avions trouvé des effets très inférieurs, de 35 % ± 6 % sur une base de 3^m et 50 % ± 15 % sur une base de 13^m. L'énergie moyenne des photons étant inférieure à celle des électrons, on

(1) P. Auger et J. Daudin, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 897.

(2) J. Daudin, *Thèse de Doctorat*, 1942, p. 12.

pouvait s'attendre à ce qu'ils soient plus dispersés. Nous avons donc mesuré l'effet coque sur une base de 40^m en mesurant les coïncidences entre deux compteurs de 200 et 250^{cm^2}.

Coïncidences.

	Compteurs nus.			Compteurs blindés par 4^{mm} de plomb.	
	Total I.	Total II.	Fortuites.	Total.	Fortuites.
Nombre de coups...	848	743	240	1021	230
Durée............	238^h	220^h	156^h	$220^h 30$	$169^h 30$
Nombre d'observat..	XI	X	VII	XII	VII
Dispersion.........	3,5	1,2	0,7	1,1	0,4
Moyenne horaire...	$3,56 \pm 0,25$	$3,38 \pm 0,25$	$1,54 \pm 0,1$	$4,62 \pm 0,15$	$1,35 \pm 0,1$

Le total II ne diffère du total I que par l'exclusion d'une observation anormale présentant un écart égal à cinq fois l'écart quadratique moyen.

Les coïncidences vraies s'obtiennent en soustrayant les fortuites. L'effet coque est alors trouvé égal à 60 ou 80 % entre compteurs éloignés de 40^m.

Nous avons contrôlé la diminution des fortuites lorsqu'on blinde les compteurs en mesurant la diminution du nombre des chocs simples. Le nombre des fortuites étant proportionnel au produit des nombres des chocs simples, on constate que la diminution des fortuites devrait être de 40 % environ lorsqu'on blinde les compteurs. Il est donc probable que la diminution observée pour les fortuites est un minimum et par conséquent que l'effet observé est plutôt inférieur à l'effet de coque vrai.

II. Ce résultat a les conséquences suivantes : Le rayonnement extérieur dans les grandes gerbes paraît toujours être de nature électronique et électromagnétique, en accord avec les plus récents calculs théoriques [3]. Les photons semblent effectivement plus dispersés que les électrons. Leur énergie moyenne semble plus faible en accord avec nos calculs théoriques. La faiblesse de l'effet expérimental, même jusqu'à 40^m de base, semble pouvoir s'interpréter si l'on attribue aux photons secondaires d'électrons lents, qui constituent 50 à 60 % du nombre des photons, une dispersion encore plus grande, très admissible puisque la diffusion élastique angulaire des électrons lents est grande et le parcours des photons (5 à 700^m) long dans ce domaine d'énergie.

Il ne paraît pas actuellement nécessaire de faire intervenir une absorption supplémentaire des photons, par exemple par effet photonucléaire, au moins pour les photons de faible énergie.

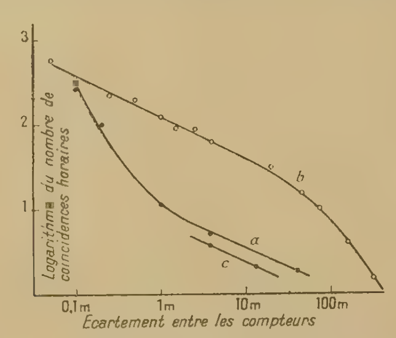
III. Nous avons également mesuré la décroissance du nombre des coïncidences lorsqu'on écarte les compteurs de 10^{cm} à 40^m. Les résultats sont les suivants :

Distance entre les compteurs.		$0^m,1$.	$0^m,2$.	1^m.	3^m.	13^m.	40^m.
Coïncidences horaires.	Série 1..	280 ± 7	100 ± 4	$10,9 \pm 0,8$	$5,9 \pm 0,6$	–	$1,8 \pm 0,25$
	» 2..	–	–	–	4,12	2,00	–

(3) BETHE, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 684; NORDHEIM, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 929; LANDAU, *Journ. of Phys.*, 2, 1940, p. 237; MOLIÈRE, *Naturwiss.*, 1942, p. 87.

Nous avons représenté cette décroissance par la courbe *a* ci-dessous en échelles logarithmiques. La courbe *b* représente la décroissance observée en altitude (Jungfraujoch 3450^m) par Auger, Maze et Robley ([4]).

Entre 1 et 40^m les courbes *a* et *b* sont parallèles, mettant en évidence l'identité probable de la structure générale des grandes gerbes à ces deux altitudes très différentes. Cette identité est un nouvel argument en faveur des



Courbe *c* : Série 2 (compteurs de surface différente).

idées suivant lesquelles les gerbes sont bien constituées dans leurs parties périphériques par un rayonnement absorbable tel que les photons et les électrons. Elle était prévue par la théorie des cascades.

L'identité des courbes prouve également que la décroissance des coïncidences, lorsqu'on descend dans l'atmosphère, est bien la même quelle que soit la base choisie. Après Cosyns, nous avons mis en évidence un accroissement anormal du coefficient barométrique lorsqu'on écarte les compteurs. Pourtant, nous n'avons pu mettre en évidence d'effet barométrique dans les mesures ci-dessus à 40^m, mais seulement une dispersion anormale des résultats partiels. Il serait possible que d'autres effets météorologiques (en particulier la température) agissent sur l'absorption des grandes gerbes, ce qui aurait pour conséquence de faire varier les coefficients barométriques apparents dans de grandes proportions. Ces autres facteurs n'ont pas été mis en évidence par nous sur une base de 3^m.

Lorsque les compteurs se rapprochent à moins d'un mètre, le comportement des deux courbes *a* et *b* devient très différent. Il y a au niveau de la mer un excès de très petites gerbes par rapport aux grandes gerbes. Ces gerbes doivent être très molles et d'extension très réduite. On ne peut les attribuer qu'aux effets secondaires des mésons (chocs et désintégrations) qui en altitude sont noyés dans un rayonnement de grandes gerbes beaucoup plus abondant.

En résumé, les résultats que nous venons d'obtenir sont une nouvelle confirmation de la validité de la théorie des gerbes en cascade, appliquée au rayonnement d'énergie moyenne dans les grandes gerbes de l'air.

([4]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 641.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Conductibilités électriques de la glucine et de la magnésie aux températures élevées*. Note [1] de M. **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les déterminations de conductibilités électriques des oxydes réfractaires précédemment effectuées aux températures élevées ne concernent, le plus souvent, que des intervalles de température restreints; en outre, seuls un petit nombre d'essais portent sur des produits purs. Citons pour la glucine le travail de J. A. Osteen [2] (jusqu'à 1500°) et pour la magnésie les études de E. Podszus [3] (1500-2000°, électrodes de tungstène, magnésie calcinée pure) et de E. Rousseau [4] (1400-1700°, électrodes de graphite, magnésie fondue pure).

Pour l'établissement des conductibilités des oxydes réfractaires, il est nécessaire d'utiliser : 1° des produits purs ne présentant pas en particulier d'hydratation résiduaire; 2° des électrodes et une atmosphère de gaz ne réagissant pas sur l'oxyde considéré.

Dans le cas de la glucine, il a été employé des électrodes de molybdène. Il n'est pas possible de placer ce métal au contact de la magnésie non plus que le tungstène ou le carbone, par suite de l'action réductrice de ces éléments. Le carbone, notamment, réduit la magnésie à haute température [5], en donnant du magnésium. La réaction a lieu suivant le schéma $MgO + C \rightleftharpoons CO + Mg$ et est accompagnée d'une formation de carbure de magnésium. Il a été établi par de nombreux essais que la présence de magnésium, sensible dès 1300-1400°, fausse complètement les mesures de conductibilité, le courant passant à travers les vapeurs métalliques conductrices.

Afin d'éviter la présence de vapeurs de magnésium entre les électrodes, le dispositif suivant a été adopté pour les mesures de conductibilité de la magnésie : les arrivées de courant en graphite sont entourées chacune d'un tube en magnésie fermé à l'extrémité; l'éprouvette de mesure est placée entre ces tubes. Le magnésium produit dans les tubes au contact du carbone distille à l'intérieur des tubes vers les parties froides en redonnant son oxyde. En l'absence de contact avec le carbone, les éprouvettes de magnésie ne subissent au cours des mesures, effectuées entre 800° et 2100° en atmosphère d'azote, que de légères pertes de poids (2‰, soit 50 fois moins qu'avec des électrodes de graphite); un courant d'azote entraîne les faibles quantités de vapeur de magnésie formées. Il importe de faire une mesure corrective de

(1) Séance du 16 mars 1942.
(2) *Physics*, 3, 1932, p. 81.
(3) *Z. Elektrochem.*, 39, 1933, p. 75.
(4) *Chimie et Industrie*, Congrès de Lille, 1934, p. 755.
(5) P. Lebeau, *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 799.

conductibilité en remplaçant entre les électrodes l'éprouvette de mesure par une autre éprouvette de même section et de faible hauteur ($0^{cm},1$) en magnésie fondue.

Les mesures ont été effectuées sur des cylindres de glucine et de magnésie pures de 1 à $3^{cm^2},5$ de section et de 2 à 3^{cm} de hauteur. Ces cylindres ont été préparés par compression des oxydes (30 kg-cm^2); ils ont été ensuite soumis à l'action d'une température de 1200° ou de 2100°. On a également opéré sur des échantillons de magnésie pure et de magnésie industrielle (97,5 % MgO et 2 % SiO^2) préalablement fondus à l'arc électrique et meulés sous forme d'éprouvettes à section carrée de 0,2 à 1^{cm^2} et de 2 à 4^{cm} de longueur. Le chauffage est assuré par un four à résistance de carbone C, la température est mesurée optiquement avec une précision de ± 7° à 2000°. On a déterminé la résistivité des divers échantillons en mesurant l'intensité du courant alternatif qui les traverse sous une différence de potentiel de 220 volts. Les résultats suivants ont été obtenus :

Résistivités en ohms-centimètres.

t°C. d ([a])...	GlO pure calcinée à 2100°. 2,25.	MgO pure calcinée à 2100°. 2,8.	MgO pure fondue. 3,75.	MgO industrielle fondue. 3,74.	MgO pure calcinée à 1200°. 1,0.	MgO pure hydratée ([b]). 1,0.
700.......	–	–	–	–	–	50 000 000
800.......	–	–	–	35 000 000	–	15 000 000
900.......	–	90 000 000	40 000 000	5 000 000	–	6 000 000
1000.......	80 000 000	20 000 000	9 000 000	1 000 000	35 000 000	3 000 000
1100.......	16 000 000	5 000 000	2 000 000	250 000	8 000 000	1 800 000
1200.......	4 000 000	1 200 000	500 000	50 000	2 500 000	1 000 000
1300.......	800 000	250 000	120 000	15 000	–	–
1400.......	250 000	100 000	40 000	5 000	–	–
1500.......	80 000	30 000	15 000	2 000	–	–
1600.......	35 000	12 000	7 000	800	–	–
1700.......	15 000	5 500	3 000	400	–	–
1800.......	6 500	3 000	1 500	200	–	–
1900.......	3 500	1 500	700	100	–	–
2000.......	1 600	800	350	60	–	–
2100.......	800	450	200	30	–	–

([a]) *d* indique dans les différents cas la valeur de la densité apparente.
([b]) Magnésie contenant initialement 2 % d'eau. Vitesse de chauffe de cet essai : 100° en 2 minutes.

Les variations de la résistivité ρ de la glucine et de la magnésie en fonction de la température se font suivant une loi se rapprochant sensiblement dans de grands intervalles de température de $\rho = A\, e^{B/T}$, A et B étant des constantes, T la température absolue.

En conclusion, la glucine apparaît être aux températures élevées un meilleur isolant que la magnésie. D'autre part, les échantillons de magnésie pure sont beaucoup plus résistants dans les mêmes conditions que ceux contenant de la silice ou de petites quantités d'eau résiduaires.

PHYSICOCHIMIE. — *Influence de la composition chimique du combustible et de la richesse du mélange carbure sur le coefficient polytropique de détente dans les moteurs à explosion.* Note de M. **Max Serruys**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons déjà attiré l'attention ([1]) sur la post-combustion dans les moteurs à explosion, et donné des résultats numériques concernant la quantité de chaleur libérée pendant la détente sous l'influence de ce phénomène. Ces résultats démontraient que, toutes choses égales d'ailleurs, l'intensité de la post-combustion dépend dans une large mesure de la turbulence propre au moteur considéré.

Par ailleurs nous avons montré qu'il est possible, par des constructions et des calculs simples ([2]), de déterminer le *rendement de la combustion vive*, c'est-à-dire le rapport qui existe entre la quantité totale d'énergie libérée sous forme de chaleur ou de travail pendant cette combustion et l'énergie dégagée par la combustion théorique de la quantité de carburant effectivement brûlée.

Enfin les analyses de gaz d'échappement effectuées dans les mêmes conditions indiquent que l'équilibre thermodynamique est pratiquement atteint, sinon en fin de détente, au moins immédiatement après passage au niveau des soupapes d'échappement.

Dans ces conditions il s'imposait de rechercher si le rendement de la combustion vive varie en sens inverse de l'intensité de la post-combustion, comme cela doit se produire si l'on admet que l'énergie totale libérée est sensiblement constante pour l'ensemble des deux phénomènes.

Des essais ont donc été effectués en vue de vérifier cette hypothèse et surtout de mettre en évidence l'influence particulière de la *richesse du mélange carburé* et de la *comvosition chimique du combustible* sur l'intensité de la post-combustion et le rendement de la combustion vive.

Le tableau ci-après, qui indique dans quel intervalle varient le coefficient polytropique de détente d'une part et le rapport des pressions correspondant à un même volume occupé par les gaz immédiatement avant et après la combustion d'autre part, donne une idée suffisamment précise du sens dans lequel varient les fonctions étudiées, lorsque la richesse varie dans tout l'intervalle des valeurs pratiquement utilisables et pour différents carburants.

([1]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1758.

([2]) Voir *Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, n° 103, pp. 39 et 157 à 161; *Chaleur et Industrie, Journée de la combustion à volume constant*, 1938, pp. 151 à 153.

Carburant.	Coefficient polytropique.	Rapport des pressions.	Température d'air à l'admission du carburateur.
Aéronef B	1 à 1,2	2,5 à 3,5	12
»	1,2 à 1,3	2,8 à 3,6	21-22
50% Aéronef B + 50% Di-Acétone Alcool	1,06 à 1,1	2,4 à 2,6	22
50% Aéronef B + 50% Oxyde de mésityle	1,22 à 1,31	2,9 à 3,9	»
Mélange de diverses Cétones n° 100	1,24 à 1,32	3 à 3,8	»
80% Aéronef B + 20% Gasoil	1,28 à 1,33	3 à 3,6	»
90% Aéronef B + 10% Gasoil nitraté	1,32 à 1,35	3 à 3,6	»
Iso-octane pur	1,25 à 1,32	3,2 à 3,6	»
50% Aéronef B + 50% Éther isopropylique	1,27 à 1,33	2,8 à 3,4	»
50% Iso-octane + 50% Alcool	1,32 à 1,33	2,5 à 3,5	»

De ces résultats on peut conclure :

1° que la richesse du mélange carburé n'influe pas seulement sur la vitesse de la combustion vive et sur l'énergie totale qu'elle libère, mais aussi sur l'intensité de la post-combustion, celle-ci étant d'autant plus intense que le mélange est plus pauvre (et ceci explique que, même en adaptant convenablement l'avance à l'allumage à la richesse du mélange employé comme on l'a fait dans les expériences ci-dessus citées, la température d'échappement puisse être sensiblement plus élevée pour les mélanges pauvres que pour les mélanges riches);

2° que cette influence de la richesse sur la post-combustion dépend de la nature du combustible utilisé;

3° que l'intensité de la post-combustion et le rendement de la combustion vive varient bien en sens opposés comme il était prévu;

4° que la post-combustion est d'autant moins intense et le rendement de la combustion d'autant plus élevé que le combustible considéré contient des molécules plus oxydables (mélange d'essence et d'oxyde de mésithyle ou d'essence et d'éther isopropylique ou d'essence et de gasoil nitraté ou non nitraté);

5° que dans certains cas des additions très petites de certains corps peuvent accroître sensiblement le rendement de la combustion du mélange carburé dans le moteur.

L'ensemble de ces conclusions se trouve d'ailleurs confirmé en comparant les valeurs des consommations spécifiques obtenues avec différents carburants et surtout avec différents mélanges, eu égard au pouvoir de travail de ces carburants et de ces mélanges [3]. Cette étude montre en effet que le rapport entre la consommation spécifique théoriquement réalisable et la consommation spécifique réellement mesurée est plus élevé pour les mélanges qui accusent précisément la post-combustion la plus faible et le coefficient polytropique de détente le plus grand.

---

[3] Voir *Cours-Conférence du Centre de Perfectionnement technique de la Maison de la Chimie*, n° 612, p. 24.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction de l'azotate de sodium par le calcium.* Note (¹) de MM. **André Chrétien** et **Yves Longi.**

Les azotites purs, même celui de sodium, ne sont pas des sels communs. La fabrication de l'azotite de sodium a évolué depuis une vingtaine d'années parallèlement à celle de l'acide azotique. Elle utilise maintenant l'absorption des vapeurs nitreuses par une solution de soude, indiquée dès 1816 par Gay-Lussac, bien avant Divers (1899) qui en a généralement la primauté. L'opération est délicate, comme l'importante étude faite par Bureau (¹) l'a montré récemment. L'absorption des vapeurs nitreuses reste cependant avantageuse, malgré des perfectionnements récents de l'ancienne méthode de réduction de l'azotate par le plomb, qui a été la seule utilisée pour préparer l'azotite. La méthode est encore utilisée pour fabriquer la litharge.

L'absorption des vapeurs nitreuses ne convient que pour préparer les azotites alcalins et alcalino-terreux. Ainsi, Bureau reprend la méthode peu commode de double décomposition en solution aqueuse par l'azotite d'argent pour préparer les azotites de Cu, Ag, Gl, Mg, Zn, Cd, Hg et Pb. Les azotites fragiles à l'eau, en raison d'une hydrolyse très avancée, restent inaccessibles. C'est le cas notamment pour ceux de fer et d'aluminium.

Une méthode à sec, réalisable à température relativement basse, aurait l'avantage d'être plus générale.

La réduction des azotates pourrait convenir en utilisant un réducteur plus actif que le plomb, léger, et de faible poids atomique relativement.

Dans ce but, nous avons fait une étude sur la réduction de l'azotate de sodium par le calcium.

Pour opérer d'une manière pratique à température aussi basse que possible, l'azotate de sodium est additionné d'azotite de sodium à masses égales; les cristaux mixtes formés présentent alors une température de fusion minimum, 225°.

Un godet d'acier contenant 4^g du mélange salin est placé dans la partie médiane d'un four électrique à enroulement, maintenu à 250° par un régulateur à fil dilatable. Le four est traversé par un courant d'azote.

Du calcium affiné (*Société d'Electrochimie*), râpé au tamis 60, est ajouté par portions de 1^{dg} au mélange salin fondu. En opérant lentement, toute incandescence est évitée; une addition de calcium est faite toutes les 3 heures.

L'azotite est dosé par volumétrie indirecte : précipitation d'azotite d'argent et titrage en retour de l'argent par la méthode de Charpentier-Volhard. On opère en solution dans l'alcool à 95°. Cette particularité, qui est nouvelle, permet le dosage. Il serait impossible en solution aqueuse, étant donnée la solubilité relativement grande de l'azotite d'argent.

Voici nos conclusions :

1° Il existe une quantité *optimum* de calcium donnant une quantité *maximum* d'azotite (courbe I, *fig.* 1; la courbe II est théorique). Elle

(¹) Séance du 16 mars 1942.

représente 75 % de la quantité correspondant à la réaction

$$NO^3Na + Ca \rightarrow NO^2Na + CaO$$

(OB = 3 BA). Le rendement en azotite, représenté alors par le rapport BC/BD, est 0,76.

2° Le rendement en azotite est fortement influencé par la *chaux*.

a. La chaux *catalyse* la *réduction de l'azotate* en azotite.

Ainsi la quantité d'azotite formé est réduite au 1/10 environ si l'opération est faite dans le gaz carbonique qui n'altère pas le mélange fondu. Et il est

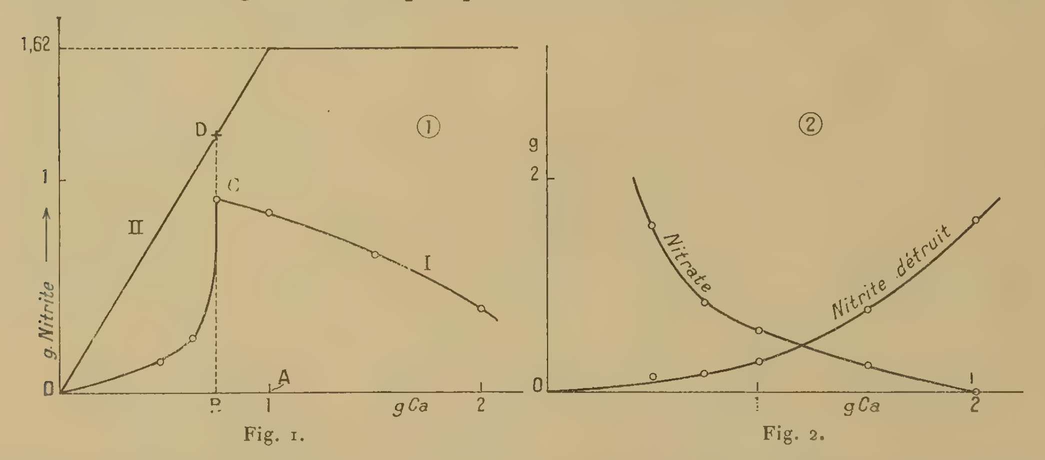


Fig. 1. Fig. 2.

de plus en plus difficile d'éviter une incandescence à mesure que le mélange renferme plus de chaux. Il y a incandescence dès la première addition de calcium si de la chaux est ajoutée au mélange salin.

b. La chaux *catalyse* aussi la *réduction de l'azotite*.

Cette réduction conduit à l'azote et à l'oxyde Na^2O, dont le dosage donne l'azotite détruit :

$$2NO^2Na + 3Ca \rightarrow N^2 + Na^2O + 3CaO.$$

L'azotate restant s'en déduit. Les deux courbes (*fig*. 2) ont des pentes de sens inverse. L'azotite détruit est peu important tant que la chaux est en petite quantité. L'azotate disparaît pour un excès de calcium double de la quantité correspondant à la réduction quantitative de l'azotate en azotite. Mais le rendement en azotite est tombé à 0,25.

L'allure assez remarquable de la courbe à maximum, traduisant la variation du rendement en azotite avec la quantité de réducteur, s'accorde avec ces faits résultant des analyses. La partie montante caractérise bien une réaction autocatalytique, et la partie descendante décèle une réaction parasite.

Elle est analogue à l'allure de la courbe *rendement-température* de l'oxydation catalytique du gaz sulfureux par un catalyseur oxydé dit *à sulfate*. Dans les deux cas, le rendement finit par baisser par suite de la disparition partielle du produit cherché; ici, par réduction de l'azotite, qui est de plus en plus marquée, là par fixation de l'anhydride sulfurique comme sulfate devenu stable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Pyrogénation dans le vide de quelques salicylates alcalins et alcalinoterreux.* Note de M. **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

La décomposition des salicylates métalliques par la chaleur a fait l'objet de plusieurs observations. La diversité des méthodes employées, ainsi que l'imprécision concernant la nature des gaz obtenus lors de ces essais, nous ont conduit à reprendre cette question en opérant dans des conditions déterminées.

La technique que nous avons suivie est celle que M. P. Lebeau ([1]) a mise au point pour l'étude des combustibles solides et qui nous a servi pour nos essais de pyrogénation de quelques sels manganeux ([2]).

Les résultats consignés dans cette Note sont relatifs aux salicylates de sodium, de magnésium, de calcium et de baryum.

La température à laquelle commence le dégagement gazeux a été déterminée dans une expérience préliminaire conduite lentement, en élevant la température d'une façon continue à raison d'un degré en deux minutes. De la sorte, nous avons constaté la dénivellation manométrique commençant à

245°......................	salicylate de sodium
205......................	» magnésium
220......................	» calcium
230......................	» baryum

En outre, au cours de ces essais, nous avons observé que le salicylate de sodium est stable jusqu'à 245°, tandis qu'à 140° pour le sel de magnésium, et à 210° dans le cas des sels de calcium et de baryum, il commence à se déposer de l'acide salicylique sur les parois du tube de quartz, à la sortie du four. En maintenant le salicylate de calcium à 210-215° jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'acide salicylique, on obtient un composé dont la formule correspond sensiblement à une molécule de salicylate basique pour trois molécules de salicylate normal.

Le début du dégagement gazeux est toujours concomitant avec l'apparition de cristaux de phénol dans le condenseur refroidi à — 80°.

Les expériences, effectuées en élevant la température jusqu'à 1000°, ont permis de recueillir des gaz dont les volumes sont exprimés en centimètres cubes par millimolécule-gramme de sel anhydre. Les résultats obtenus sont donnés sous forme de graphiques (*fig.* 1, 2, 3 et 4).

Nous y avons rassemblé la composition de chacune des fractions gazeuses.

([1]) *Comptes rendus,* 177, 1923, p. 319.

([2]) *Thèse Doct. Univ.* (*Pharm.*), Paris, 1938.

Dans tous les cas, elles étaient constituées par un mélange pouvant contenir de l'anhydride carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, à l'exclusion des carbures saturés et non saturés.

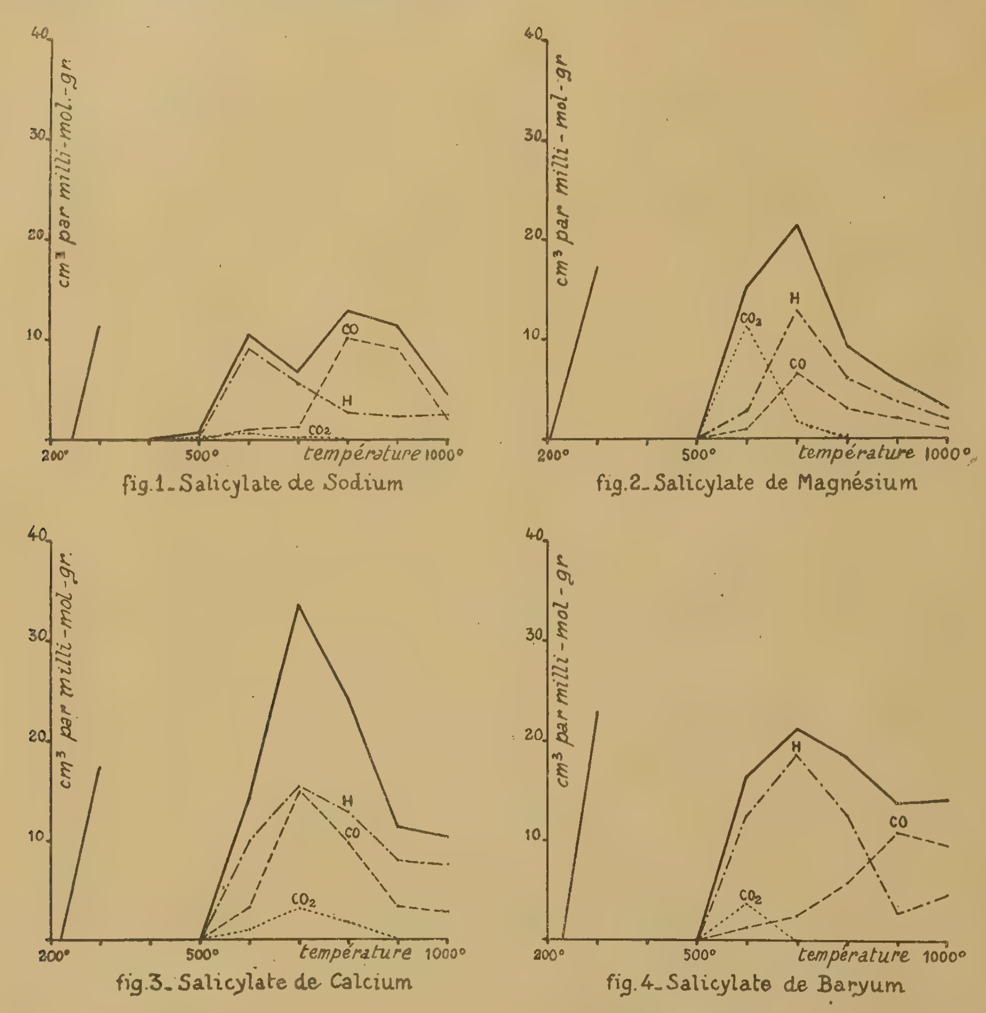


fig. 1. Salicylate de Sodium

fig. 2. Salicylate de Magnésium

fig. 3. Salicylate de Calcium

fig. 4. Salicylate de Baryum

Dans le tableau suivant se trouvent réunis les compositions centésimales du dégagement total pour chacun des sels étudiés.

	(1).	CO^2 %.	CO %.	H %.	Ind. %.
Salicylate de sodium	58,14	21,22	39,90	38,88	–
» magnésium	71,51	41,48	19,40	38,74	0,06
» calcium	110,48	21,10	30,50	48,36	0,04
» baryum	106,61	23,95	28,35	47,65	0,05

(1) cm³ de gaz dégagés par millimol-g de sel anhydre.

Nous avons encore observé que, lors de la pyrogénation du salicylate de sodium, le métal distille entre 700 et 800° sans qu'il y ait condensation de goudrons. Ceux-ci, par contre, se forment à partir de 500° pour le sel de magnésium, et de 400° pour celui de calcium, et sont de couleur violette.

Enfin, en chauffant les salicylates normaux à la température du dégagement de l'anhydride carbonique, on obtient les salicylates basiques anhydres. Nous avons ainsi isolé le salicylate basique du magnésium dont l'existence avait été contestée par MM. Œchsner de Coninck et Gérard ([3]).

En résumé, l'action de la chaleur, dans le vide, sur les salicylates de sodium, de magnésium, de calcium et de baryum, nous montre que :

1° Les sels alcalinoterreux, contrairement au sel de sodium, perdent de l'acide salicylique avant de donner lieu à un dégagement d'anhydride carbonique et de phénol;

2° La décomposition a lieu en deux phases distinctes : la première jusqu'à 300°, avec dégagement d'anhydride carbonique pur, et formation de salicylate basique ; la seconde à partir de 500°, accompagnée de dégagements gazeux présentant deux maxima (à 600 et à 800°) dans le cas du sodium, et un seul maximum (à 700°) dans le cas des alcalinoterreux. Ce dernier correspondant alors au dégagement maximum de l'hydrogène;

3° Le résidu, obtenu en arrêtant le chauffage du salicylate de baryum à 600°, fait effervescence avec l'acide chlorhydrique; il semble donc que le maximum de la seconde phase soit en relation avec la stabilité du carbonate.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acétylphénylcarbinol et benzoylméthylcarbinol. Leur formation simultanée à partir de la chloro-2 phényl-1 propanone-1 ou de la chloro-1 phényl-1 propanone-2. Leur identification.* Note de M. **Georges Richard**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

On sait que certains cétols (acyloïnes) subissent des mutations qui les transforment les uns dans les autres, si bien que, notamment dans la série des benzoïnes, leur constitution ne se déduit pas nécessairement de leur mode de formation, et d'autre part leur identification peut comporter de fréquentes causes d'erreur.

J'ai précisément constaté que, dans la transformation en cétols de deux cétones α chlorées isomères, la chloro-2 phényl-1 propanone-1 et la chloro-1 phényl-1 propanone-2, réalisées en soumettant celles-ci à l'action de la soude hydroalcoolique, chacune de ces cétones conduit, non pas au cétol correspondant, mais à un mélange des deux cétols isomères

$$C^6H^5{-}CO{-}CHCl{-}CH^3 \rightarrow \begin{cases} (I)\ C^6H^5{-}CO{-}CHOH{-}CH^3 \\ (II)\ C^6H^5{-}CHOH{-}CO{-}CH^3 \end{cases} \leftarrow C^6H^5{-}CHCl{-}CO{-}CH^3.$$

La séparation de ces deux cétols a pu être effectuée par le bisulfite de sodium ; celui-ci donne avec le cétol (II) une combinaison cristallisée qui régénère aisément ce cétol et qui, traitée soit par la semicarbazide, soit par le chlorure de benzoyle, fournit la semicarbazone et le benzoate correspondants, chacun à l'état pur, c'est-à-dire non mélangé du dérivé correspondant du cétol (I). Mieux encore, en faisant agir sur cette même combinaison bisulfitique le

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 17, 1915, p. 282.

chlorure de thionyle, j'ai pu régénérer la cétone chlorée initiale, la chloro-1 phényl-1 propanone-2.

Quant au cétol (I), je ne crois pas l'avoir obtenu jusqu'à présent dans un état suffisant de pureté pour effectuer les mêmes transformations et pour tirer des conclusions analogues. Quoi qu'il en soit, je puis dès maintenant affirmer, contrairement à Faworsky et Temnikowa ([1]), qui d'ailleurs ont opéré dans des conditions différentes, que la phényl-1 propanol-1 one-2 et la phényl-1 propanol-2 one-1 ne fournissent pas la même semicarbazone, mais qu'à chacune d'elles correspond une semicarbazone distincte, savoir l'une fusible à 193° pour le benzoylméthylcarbinol [cétol (I)], l'autre fusible à 181-182° pour l'acétylphénylcarbinol [cétol (II)].

1° *Action de la soude hydroalcoolique aqueuse sur les deux cétones chlorées.* — On fait agir, à la température ordinaire ou vers 60°, une solution normale de soude dans l'alcool à 50 % sur la cétone chlorée en solution alcoolique; il y a formation de ClNa, qui se dépose, mais, tandis que, dans le cas de $C^6H^5-CHCl-CO-CH^3$, la réaction est rapide et totale en 15 minutes, elle est lente dans le cas de $C^6H^5-CO-CHCl-CH^3$, si bien qu'après 4 heures à 60°, le rendement n'est que de 40 %. Après séparation de ClNa, on distille l'alcool et l'on soumet le résidu à une rectification dans le vide. On obtient ainsi deux fractions, l'une constituée par le phényl-1 propanedione-1.2, $C^9H^8O^2$, E_{12} 101-102°, n_D^{16} 1,5362; semicarbazone F 229°; l'autre E_{12} 121-126°, qui est constituée par un mélange de benzoylméthylcarbinol (I) et d'acétylphénylcarbinol (II), est agitée avec du bisulfite de Na, et l'on obtient, d'une part, une combinaison bisulfitique cristallisée dont on régénère l'acétylphénylcarbinol pur (E_{12} 122-123°; n_D^{29} 1,5235 semicarbazone F 181-182°) et, de l'autre, un liquide qu'on rectifie (Eb_{12} 128-122°) et qui donne une semicarbazone F 193°.

La formation de ces deux cétols isomères peut s'expliquer en admettant que, sous l'influence de l'alcali, les deux chlorocétones réagissent sous une forme énolique

$$\left.\begin{array}{l} C^6H^5C(Cl){=}C(OH)CH^3 \searrow \\ C^6H^5C(OH){=}C(Cl)\;CH^3 \nearrow \end{array}\right. C^6H^5C(OH){=}C(OH)CH^3 \left\langle\begin{array}{ll} \nearrow C^6H^5CO\,CH\,OH\,CH^3 & (I) \\ \searrow C^6H^5CH\,OH\,CO\,CH^3 & (II) \end{array}\right.$$

On ne saurait en effet invoquer un remplacement pur et simple de l'halogène par un hydroxyle, conduisant dans le premier cas à $C^6H^5-CHOH-CO-CH^3$ et dans le second à $C^6H^5-CO-CHOH-CH^3$, chacun de ces cétols se transformant ultérieurement en un mélange des deux. En effet, sous l'influence d'une solution diluée de soude, j'ai observé comme Favorsky que ni le benzoylméthylcarbinol ni l'acétylphénylcarbinol ne subissent d'isomérisation.

2° *Dérivés de l'acétylphénylcarbinol. a. Semicarbazone.* — On chauffe au bain-marie pendant trois heures au réfrigérant ascendant, la combinaison bisulfitique ci-dessus avec une solution hydroalcoolique de ClH de semicarbazide. Il se dépose un produit solide qu'on filtre et qu'on fait cristalliser dans l'alcool (F 181-182°).

b. Ester benzoïque. — On fait agir au bain-marie le chlorure de benzoyle (1 mol.) sur la combinaison bisulfitique du phénylacétylcarbinol (1 mol.). On obtient ainsi l'ester benzoïque que l'on fait cristalliser dans l'alcool (F 108-109°). Ces résultats ne concordent pas avec ceux de Favorsky (*loc. cit.*, p. 268), qui attribue à ce benzoate le point de fusion 51,5-52°, sans doute parce que le cétol qu'on en régénère par chauffage avec H^2O et CO^3Ba,

---

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série **2**, 1935, pp. 253 à 272.

fournit une semicarbazone F 190°, que cet auteur considère à tort comme celle de l'acétylphénylcarbinol, alors que c'est celle du benzoylméthylcarbinol (F 193°). De plus, Favorsky constate que par traitement par le chlorure de benzoyle chacun des cétols conduit à un mélange des esters benzoïques des deux cétols isomères. Or notre mode opératoire nous a conduit pour l'acétylphénylcarbinol à un seul benzoylé (F 169°). Il s'ensuit que le benzoylé F 51,5-52° de Favorsky correspond au benzoylméthylcarbinol, comme le prouve sa saponification rapportée ci-dessus.

c. *Ester chlorhydrique* (*chloro*-1 *phényl*-1 *propanone*-2). — Dans un ballon surmonté d'un réfrigérant ascendant, on fait agir à la température du bain-marie bouillant, sur la combinaison bisulfitique, la quantité théorique de chlorure de thionyle en solution dans le tétrachlorure de carbone. Après réaction, on ajoute de l'eau, on décante et lave la solution tétrachlorurée à plusieurs reprises avec de l'eau. On distille le solvant et le résidu obtenu est rectifié. On obtient ainsi un liquide qui possède les constantes de la chloro-1 phényl-1 propanone-2. Cette chlorocétone a été identifiée par condensation avec le benzène en présence de chlorure d'aluminium, ce qui conduit à la diphényl-1.1 propanone-2 $(C^6H^5)^2CH—CO—CH^3$ (E_{12} 110-111°; n_D^{16} 1,53609) dont la semicarbazone déjà connue fond à 166°.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Microcristallisation de fractions protidiques variées.* Note de Mme N. **Dobrovolskaïa-Zavadskaïa.**

Depuis plusieurs années, nous travaillons sur des extraits organiques provenant de tumeurs spontanées de souris, ou bien de différents tissus d'origine animale variée. En préparant ces extraits, nous avons parfois observé une formation plus ou moins abondante de dépôts cristallins due en premier lieu à la présence de sels dans ces extraits et peut-être également aux combinaisons de ces sels avec des substances organiques. L'étude au microscope de ces dépôts a été complétée par observation directe de cristallisation dans des gouttes s'évaporant sur lame. Cette simple méthode nous a permis d'assister parfois à des spectacles d'une beauté extraordinaire, et l'on a pu photographier par la suite un certain nombre de figures restées sur les lames après dessèchement complet des gouttes.

Les sels inorganiques et leurs composés jouent sûrement un certain rôle dans la formation de ces dépôts et ils contribuent beaucoup à la diversification des images que l'on observe au microscope. Vérifié isolément et à plusieurs reprises, le chlorure de sodium à lui seul nous a donné, dans une goutte en dessiccation, des formes également beaucoup plus variées qu'il n'est généralement admis. Mais le rôle des substances organiques ne doit pas être sous-estimé non plus : ces substances sont capables de donner des figures caractéristiques dont nous présentons ici quelques-unes en microphotographies. Voici quelques détails concernant ces microphotographies :

Sont représentés de gauche à droite, *sur la figure* 1 : A. Produit F II β7, c'est un extrait alcoolique (à 90°) de la poudre non délipoïdée de foie des animaux de boucherie, fraction précipitée par alcoolinisation jusqu'à 99°. On voit à gauche et en bas de la microphotographie

le bord de la goutte faiblement contouré. La partie périphérique du champ est occupée par une espèce de feuilles découpées et formées par de petits corpuscules ronds. La partie centrale présente une accumulation de corpuscules plus gros qui semblent s'insinuer entre les feuilles du bord. B. FV δ, extrait aqueux de foie d'un chien sacrifié, fraction précipitée

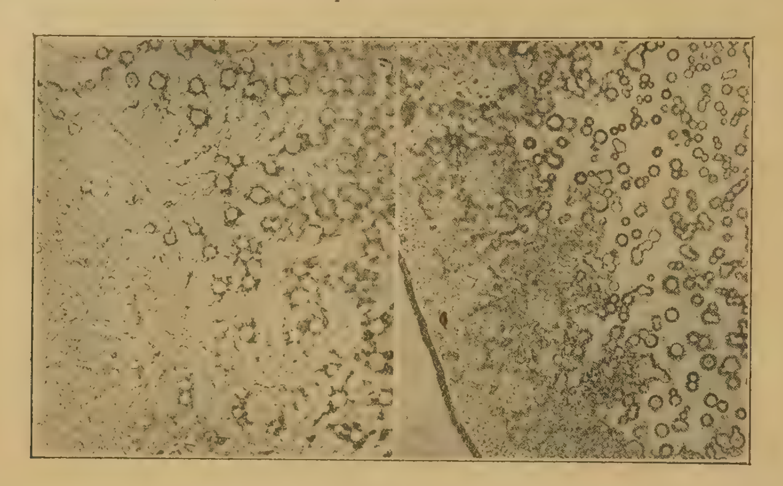


Fig. 1. — Microphotographies de gouttes desséchées de fractions hépatiques.
A (à gauche), fraction précipitée par l'alc. à 99°; B (à droite), par l'alc. à 95°.

par alcoolinisation à 95°. Goutte à bord bien contouré (à gauche et en bas), accumulation de petits corpuscules ronds à sa périphérie et des corpuscules plus gros, souvent bourgeonnants dans la partie centrale. *Sur la figure* 2 : C. F II β8, extrait alcoolique (à 90°)

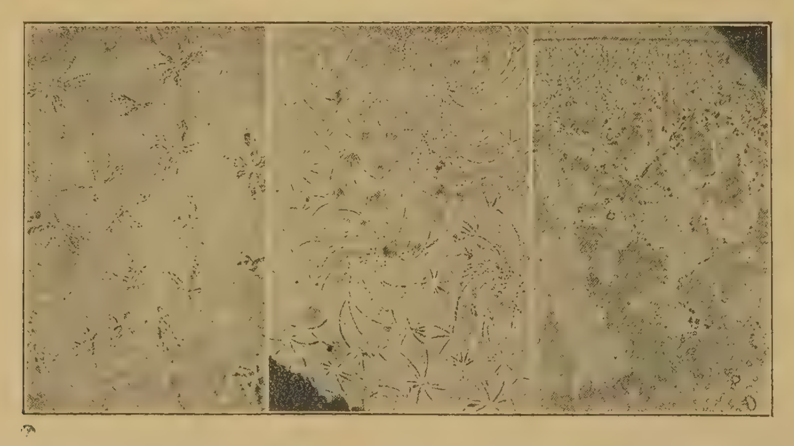


Fig. 2. — Microphotographies des résidus après alcoolinisation à 99° : C (à gauche), extraction alcoolique de tissu hépatique; D (au milieu), extraction aqueuse du foie; E (à droite), extrait tumoral.

de la poudre non délipoïdée de foies d'animaux de boucherie, résidu après élimination du précipité par alcool à 99°. On voit sur la microphotographie un champ parsemé de formations complexes rappelant des feuilles de marronnier. D. F IV η3, extrait aqueux de la même poudre que dans le cas précédent, fraction résiduelle après élimination du précipité par alcoolinisation à 99°, partie soluble dans l'alcool absolu. Le champ est occupé par des figures étoilées, formées de petits globules ronds, ressemblance éloignée avec des feuilles de marronnier de la figure précédente. E. TG η3, extrait aqueux de tissu tumoral,

résidu après élimination du précipité par alcool à 99°, partie soluble dans l'alcool absolu. On voit, en haut de la microphotographie, un bord bien délimité et formé par accumulation de petites particules arrondies ou allongées. Le reste du champ donne l'impression d'une étoffe moirée, due à la disposition particulière discontinue de mêmes particules qu'au bord.

Les figures relatées plus haut se répètent en général sur toutes les gouttes desséchées, faites avec la même solution et dans les mêmes conditions; la variation dépend de l'ampleur des gouttes, de l'épaisseur de la couche qui s'évapore et peut-être de certaines conditions atmosphériques, mais elle n'est le plus souvent que quantitative. La différence entre les fractions analogues de même tissu, mais appartenant aux extractions différentes, est plus marquée, quoique qualitativement on y trouve quand même des traits de ressemblance : figures étoilées découpées pour des fractions résiduelles de foie, corpuscules arrondis et leur disposition pour des fractions précipitées par des alcools concentrés. Mais cette différence devient tout à fait évidente, quand on compare les deux dernières fractions (*fig.* 1) d'une part, avec celles restées en résidu après alcoolinisation à 99° (*fig.* 2) de l'autre. C'est justement cette différence entre les fractions qui peut être utile pour l'étude des produits protidiques, surtout au cours de leur préparation.

L'origine de l'extrait présente également une grande importance qui est illustrée par la différence qui se montre entre la microphotographie E (extrait tumoral) et les autres microphotographies (extraits hépatiques) de la figure 2.

En définitive, des phénomènes curieux de figuration, se rapprochant de la cristallisation, ont été observés au microscope sur des gouttes desséchées de différents produits protidiques. Leur sens précis nous échappe, mais probablement ces phénomènes dépendent, en partie du moins, de combinaisons différentes des acides aminés (corpuscules arrondis variés). L'étude par la même méthode des ingrédients protidiques à structure connue pourrait peut-être élucider cette question [1].

GÉOLOGIE. — *Découverte de* Nummulites planulatus *Lmk. dans les Sables de Sinceny (Aisne)*. Note de MM. **René Abrard** et **Robert Soyer**.

Les Sables de Sinceny, sur lesquels G. F. Dollfus a attiré l'attention [1], et qui, renfermant presque toutes les espèces saumâtres et fluvio-marines du Sparnacien, ont été placés par lui au sommet de cette formation malgré les quelques Mollusques des Sables de Cuise que l'on y rencontre, ont été considérés par M. Leriche comme une dépendance de l'Yprésien [2]; cet

[1] Ce travail a été fait en partie sous les auspices de l'*International Cancer Research Foundation* dirigée par M. William H. Donner, D. Sc.

[1] *Ann. Soc. Géol. Nord*, 5, 1877, pp. 5-41.
[2] *Bull. Soc. Géol. France*, 4, 1904, p. 816.

auteur voit dans leur faune le résultat de l'irruption de la mer en transgression, dans les lagunes sparnaciennes; G. F. Dollfus, qui avait fait remarquer l'absence de *Nummulites planulatus* Lmk., ne s'est pas opposé à cette interprétation ([3]), qui est loin d'avoir été admise par tous les auteurs; É. Haug notamment a maintenu les Sables de Sinceny dans le Sparnacien.

Le gisement classique a disparu, mais on peut actuellement observer les sables à galets sur environ 2^m d'épaisseur dans une exploitation étendue située à quelques centaines de mètres à l'ouest de la localité. On y trouve la faune si particulière de cet horizon, et nous y avons, de plus, receuilli une vingtaine d'individus de *Nummulites planulatus* Lmk.; ceux-ci ne se rencontrent pas dans la masse du sable, mais seulement dans le remplissage des coquilles d'une Ampulline voisine de *A. semipatula* Desh., où ils ont pu échapper à la dissolution; c'est un mode de conservation tout à fait analogue à celui de *N. Bezançoni*, qui, à Jeurre, n'a subsisté qu'à l'intérieur des coquilles d'*Ampullina crassatina*.

Les Nummulites de Sinceny semblent appartenir à une petite race; les formes A, fortement biconvexes à filets radiés, ne dépassent guère 2^{mm} de diamètre; les formes B, qui atteignent 4^{mm}, ont des filets onduleux qui ont tendance à devenir tourbillonnants, mais la coquille reste trop petite pour leur permettre d'atteindre le stade méandriforme.

La découverte de *N. planulatus* dans les Sables de Sinceny permet de clore les longues discussions auxquelles leur position stratigraphique a donné lieu, en confirmant leur rattachement aux Sables de Cuise; elle est une preuve de plus que, chaque fois qu'une formation incluse dans l'ensemble de faciès continentaux et saumâtres qui constituent le Sparnacien peut passer dans un étage marin, c'est au Cuisien qu'elle doit être rattachée.

Dans leur *Nomenclature des terrains sédimentaires*, Munier-Chalmas et de Lapparent indiquent que *N. planulatus* se trouve dans tous les horizons des Sables de Cuise; elle n'a pas été rencontrée dans le *niveau* d'Aizy, mais sa présence à Sinceny montre qu'effectivement elle est bien arrivée dans le bassin de Paris dès le début de la transgression yprésienne.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la cytologie de* Proactinomyces rubropertinctus *(Hefferan) Bergey*. Note de Mlle **Berthe Delaporte**, présentée par M. Marin Molliard.

Les *Proactinomyces* forment un genre de Bactéries, de l'ordre des Actinomycétales, distinct du genre *Actinomyces* en ce que la forme en mycélium, lorsqu'elle existe, ne se trouve qu'au premier stade du développement de la

([3]) *Ann. Soc. Géol. Nord*, 34, 1905, p. 375.

culture et ne comporte pas de ramifications. On n'observe, le plus souvent, que des bâtonnets plus ou moins courts.

Nous avons isolé du sol une souche de *Proactinomyces rubropertinctus* (Hefferan) Bergey qui se présente, dans les culture sur gélose, sous forme d'une couche écailleuse ou farineuse, très mate, dont la couleur, saumon pâle au début de la culture, devient d'un rose saumon intense, puis finalement rouge brique. Sur bouillon, il forme en surface une pellicule farineuse, mate, qui tombe au fond par fragments et se reforme constamment à la surface tandis que le bouillon reste clair. Les cultures sont formées de cellules en bâtonnets ayant 0,5 à $0^{\mu},7$ de large sur 2,0 à $3^{\mu},6$ de long, parmi lesquelles se trouve un petit nombre de cellules présentant des renflements et de rares cellules allongées rappelant un mycélium rudimentaire (*fig.* 1). Les cellules ayant des renflements ont, en général, dans les parties non renflées, $0^{\mu},6$ de large et leur longueur varie entre 2 et 10^{μ}. Dans les vieilles cultures (2 mois), les bâtonnets sont plus courts, ils ont fréquemment 0,8 à 1^{μ}, quelquefois $1^{\mu},3$ de long et leur largeur est de $0^{\mu},6$.

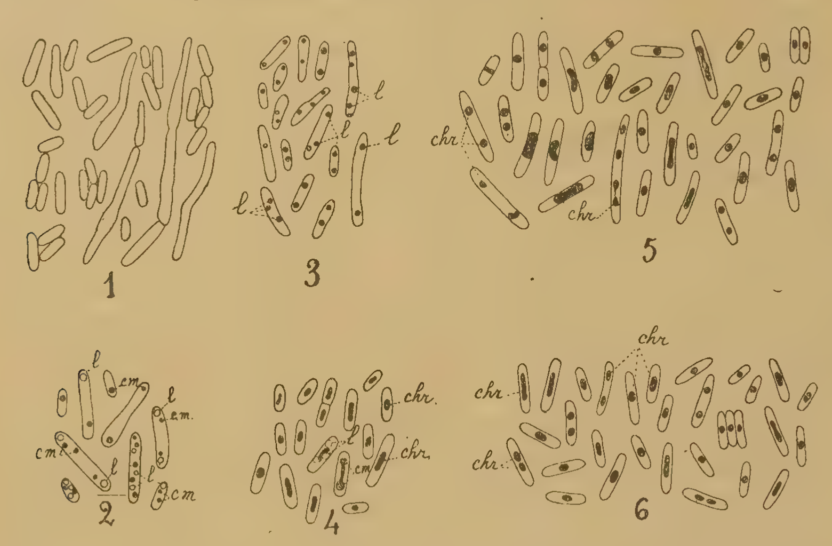
La structure des *Actinomyces* a été très peu étudiée. Petit et Grigoraki, à la suite de leurs recherches, concluent que la thalle des *Actinomyces* consiste en un vrai mycélium cloisonné comme celui des Champignons et contient des granules chromatiques qu'ils interprètent soit comme des noyaux, soit comme des corpuscules métachromatiques. Mais les *Proactinomyces* n'ont pas encore fait l'objet d'une étude cytologique. Nous avons entrepris cette étude pour rechercher si la structure des cellules se rapprochait de celle des Eubactéries ou bien de celle des Champignons.

Les cellules jeunes renferment des corpuscules métachromatiques au nombre de 1 à 3, parfois 5, situés en un point quelconque de la cellule, qui se colorent en violet rougeâtre très foncé par le bleu de crésyle ou le bleu de méthylène, et qui sont, comme on le sait, des vacuoles contenant de la métachromine à l'état très condensé (*fig.* 2). Les cellules contiennent aussi de 1 à 5 globules lipidiques facilement colorables par le Soudan III ou le noir Soudan (*fig.* 3). Nous n'avons pas observé la présence de glycogène.

Lors des colorations vitales, ou plutôt subléthales, par le bleu de crésyle ou le bleu de méthylène, on peut distinguer, dans certaines cellules, la présence d'un petit élément en forme de granule ou de filament court (*fig.* 4) qui prend une teinte bleu violacé analogue à celle que prend le filament axial des Eubactéries dans ces conditions, mais cet élément est assez difficile à voir nettement à cause de la faible largeur des cellules.

Nous avons fait des frottis, que nous avons fixés par le Lenhossék, le Perenyi ou le chloroforme et que nous avons colorés ensuite, soit par l'hématoxidine ferrique, soit par la méthode de Feulgen. Nous avons alors distingué avec une remarquable netteté, dans toutes les cellules, un granule situé au centre de la cellule, et souvent presque aussi large que celle-ci. Ce granule a une forme

arrondie ou ovoïde, ou, parfois, celle d'un bâtonnet allongé, aspect que l'on doit vraisemblablement rapporter à un stade de la division, car on peut observer aussi la présence de deux granules plus ou moins rapprochés, et l'on distingue même quelquefois une cloison centrale dans un bâtonnet contenant deux granules : il s'agit certainement alors d'un bâtonnet qui vient de se



chr., élément chromatique; *c. m.*, corpuscule monochromatique; *l.*, globule lipidique.

diviser. Ces granules et bâtonnets apparaissent, lors de la coloration par l'hématoxyline ferrique, en noir franc dans le corps bactérien coloré en rose par l'érythrosine (*fig.* 5) et, par la réaction nucléale de Feulgen, ils sont d'un rouge violet très intense dans le corps bactérien coloré en vert par le vert lumière (*fig.* 6). Dans les vieilles cultures (2 mois 1/2), on n'observe pas de forme de division, mais exclusivement un granule ovoïde au centre de chaque cellule, ce qui semble bien corroborer l'interprétation des formes en bâtonnets et en granules jumelés comme des stades de la division. Cet élément sidérophile, qui donne une réaction nucléale de Feulgen positive, correspond à l'élément que nous avons observé dans d'autres groupes de bactéries [1], qui présente les mêmes caractères de coloration et que nous avons interprété comme l'élément nucléaire de ces cellules. Dans toutes les cellules bacilliformes des Eubactéries, des Sulfobactéries et des Ferrobactéries, nous avons vu que cet élément offre l'aspect d'un filament situé dans l'axe de la cellule, suivant toute sa longueur, et qui peut être fragmenté en plusieurs granules lorsque les substances de réserve ou autres inclusions (lipides, glycogène, corpuscules métachromatiques, granules de soufre) sont abondantes. Chez ce *Proactinomyces* par contre, cet élément se présente uniquement sous la forme plus ou moins sphérique, rappelant celle d'un noyau rudimentaire dont la division

(1) *Rev. génér. de Bot.*, 51, 1939, p. 615; 52, 1940, p. 40.

aurait lieu par un simple étirement. Ceci conduirait donc à penser que la structure nucléaire du *Proactinomyces rubropertinctus* est un peu différente de celle des espèces appartenant à d'autres ordres de Bactéries, telles que les Eubactériales, les Thiobactériales et les Ferrobactériales, et tendrait à se rapprocher de celle des Champignons.

En résumé, nous observons chez *Proactinomyces rubropertinctus* (Hefferan) Bergey une structure voisine de celle des Eubactéries : corpuscules métachromatiques et globules lipidiques, mais l'élément, auquel nous avons attribué le rôle de noyau pour ces cellules, a la forme d'un granule central qui se divise par simple étirement et non celle du filament axial que l'on trouve habituellement chez les Bactéries.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le métabolisme des protides chez un végétal cultivé à des intensités lumineuses différentes.* Note de MM. **Raoul Combes**, **Arthur Brunel** et Mlle **Andrée Chabert**, présentée par M. Marin Molliard.

Au cours de recherches entreprises en vue d'étudier l'action des facteurs du milieu sur le métabolisme végétal, on a montré, en expérimentant sur une espèce amphibie, le *Veronica Anagallis*, que l'activité physiologique d'une même sorte de substance vivante peut construire des matières végétales de structure chimique profondément différente suivant qu'elle a lieu soit à des éclairements plus ou moins intenses, soit comparativement en immersion dans l'eau ou dans le milieu aérien [R. Combes et Mlle M.-T. Gertrude (1)]. Parmi les différences constatées, celles qui présentent l'amplitude la plus étendue concernent l'accumulation des protides solubles. Comparés aux tissus formés dans l'air à l'éclairement solaire direct, ceux qui se développent dans l'air à une lumière très atténuée contiennent trois fois plus de protides solubles et ceux qui se construisent sous l'eau peuvent en accumuler dix fois plus.

Nous avons recherché quelles sont, parmi les diverses formes de protides de faible grandeur moléculaire, celles qui se trouvent accumulées en si grande abondance chez les individus croissant sous des éclairements faibles. Dans ce but, de nouvelles cultures de *Veronica Anagallis* ont été entreprises à partir de graines appartenant à la même lignée que celles utilisées dans les recherches précédentes. Le semis a été fait le 15 avril; les éclairements employés étaient 1/6, 1/2, 3/4 et 1, l'éclairement solaire direct étant pris pour unité. Des récoltes furent faites périodiquement. Sur les plantes prélevées, immédiatement desséchées à froid dans le vide en présence de chlorure de calcium, puis réduites en poudre fine, les substances azotées solubles furent séparées par l'acide trichloracétique à 10 %, et tout d'abord dosées en bloc par la méthode de Kjeldahl modifiée par Jodlbauer. D'autre part le dosage de l'azote ammoniacal a été fait par déplacement de l'ammoniaque au moyen du carbonate de lithium, celui de l'azote

nitrique en transformant les nitrates en ammoniaque par l'alliage de Dewarda, celui de l'azote amidé par hydrolyse des amides en présence de l'acide sulfurique. Le dosage des acides aminés n'ayant décelé que d'infimes quantités de ces corps, il n'a pas été tenu compte des résultats obtenus.

Les quantités trouvées aux divers stades du développement sont réunies dans le tableau ci-dessous; elles sont exprimées en grammes et rapportées à 100^g de substance végétale sèche.

Dates des récoltes.	Intensités lumineuses.	Azote protéique.	Azote soluble.	Azote nitrique.	Azote ammoniacal.	Azote amidé.
29 juin (avant floraison).	1/2	3,09	0,56	0,340	0,030	0,020
	3/4	2,74	0,46	0,143	0,026	0,100
	1	2,70	0,29	0,005	0,011	0,210
8 juillet (floraison).	1/6	4,12	1,43	0,931	0,018	0,067
	1/2	2,45	0,33	0	0,010	0,008
	3/4	1,45	0,19	0	0,010	0,028
	1	1,08	0,23	0	0,007	0,072
21 juillet (jeunes fruits).	1/6	2,51	0,63	0,532	0,002	0,030
	1/2	1,71	0,20	0	0,005	0,006
	3/4	0,99	0,19	0	0,005	0,008
	1	1,08	0,17	0	0,005	0,007
29 juillet (fruits mûrs).	1/2	0,99	0,09	0	0,002	0,012
	3/4	0,98	0,09	0	0	0,010
	1	0,85	0,08	0	0	0

A l'éclairement 1/6 les plantes ne prirent qu'un très faible développement et ne formèrent qu'un petit nombre de fleurs; deux récoltes seulement purent être faites sur ce lot à deux stades successifs.

Nous retrouvons, dans ces nouvelles cultures, les faits précédemment constatés : à tous les stades de la végétation, teneurs des tissus en protéides et en substances azotées solubles d'autant plus grandes que les plantes ont vécu à un éclairement plus faible; les taux se montrent élevés chez les individus jeunes et diminuent au cours du développement jusqu'à la fin de la végétation; en particulier les substances azotées solubles ne sont abondantes que jusqu'au stade de la fructification; elles tombent ensuite à un taux très bas.

Les faits nouveaux qui apparaissent à l'examen de ce tableau sont les suivants :

1° Au moment où elles sont le plus abondantes, avant la floraison, les matières azotées solubles susceptibles de migration sont représentées par des substances différentes chez les individus développés sous les divers éclairements. En lumière atténuée (1/2), ce sont surtout des nitrates qui les constituent; en lumière solaire directe (1), ce sont des amides; en lumière moyenne (3/4), c'est un mélange de nitrates et d'amides.

2° Les plantes les plus riches en nitrates sont celles qui croissent aux éclairements les plus faibles; le taux diminue rapidement à mesure que l'intensité d'éclairement augmente.

3° Chez les individus soumis aux intensités lumineuses 1/2, 3/4 et 1, les nitrates n'existent qu'au début de la végétation; ils disparaissent complètement dès la floraison. Seules les plantes cultivées en lumière très atténuée (1/6), qui ne parviennent à former que peu de fleurs, conservent leurs nitrates pendant une plus longue période.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la mise au point de l'œil en vision nocturne*. Note de M. **Yves Le Grand**, transmise par M. Charles Fabry.

L'étude théorique des effets de diffraction joints à l'aberration chromatique a permis à Charles Lapicque [1] de démontrer que la meilleure mise au point de l'œil a lieu sur une longueur d'onde Λ voisine de 580 mμ. Nous avons repris ce calcul en substituant à la courbe de visibilité diurne celle qui caractérise l'adaptation aux faibles brillances et qui a été déterminée notamment par Weaver [2]. En suivant la méthode graphique de C. Lapicque, on obtient $\Lambda = 520$ mμ environ, ce qui représente une différence de convergence de 0,5 dioptrie avec la vision diurne.

Le même résultat peut s'obtenir plus aisément comme suit : C. Lapicque a montré que seules les longueurs d'onde voisines de λ (valeur mesurée dans l'air correspondant à une parfaite mise au point) apportent une énergie appréciable au centre de la tache de diffraction. En ce centre, l'éclairement énergétique dû à la radiation λ est en raison inverse de la surface de la tache, donc proportionnel à n^2/λ^2, si n désigne l'indice du corps vitré. Par conséquent, si nous isolons de part et d'autre de λ une bande spectrale de largeur $\delta\lambda$, l'éclairement visuel au centre sera de la forme $\mathrm{EV}\,\delta\lambda\, n^2/\lambda^2$, en désignant par E l'énergie rayonnée dans un intervalle unité de longueur d'onde et par V le facteur de visibilité relative de la radiation λ. La valeur de $\delta\lambda$ est limitée par le fait que la variation correspondante de distance focale δf ne doit pas dépasser une certaine fraction k de la longueur d'onde dans le milieu image; donc au maximum $\delta f = k\lambda/n$, ou encore $\delta\lambda = [k\lambda/n](df/d\lambda)$. En tenant compte de cette limite de $\delta\lambda$, on voit que l'éclairement rétinien au centre de la tache de diffraction sera proportionnel à $[\mathrm{EV}\, n/\lambda](df/d\lambda)$. La longueur d'onde Λ de mise au point la plus avantageuse sera celle qui rend maximum cette quantité. En faisant E constant (spectre d'égale énergie), en donnant à V les valeurs de Weaver et en prenant pour n et $df/d\lambda$ les mesures de Polack utilisées par C. Lapicque, on trouve que le maximum a lieu pour $\Lambda = 518$ mμ.

Ce résultat suppose comme seul défaut optique de l'œil l'aberration chromatique et néglige l'aberration sphérique. On a le droit de le faire en vision diurne, parce que l'ouverture pupillaire reste faible et que l'effet des rayons marginaux

(1) *Thèse*, Paris, 1938.
(2) *J. of Opt. Soc.*, 27, 1937, p. 36

est réduit par le phénomène de Stiles-Crawford (moindre efficacité des rayons atteignant obliquement la rétine). Mais ce phénomène s'atténue en vision nocturne et l'aberration sphérique ne peut plus être négligée. Les données expérimentales que l'on possède à son sujet [3] révèlent d'importants écarts individuels et ne permettent guère de calcul théorique. Aussi nous placerons-nous dans le cas schématique de *l'œil réduit* (dioptre sphérique).

Considérons un élément rétinien circulaire de diamètre D centré sur l'axe de l'œil. Nous supposerons que cet élément constitue une unité sensorielle intégrant tout le flux lumineux qui l'atteint et que ses dimensions sont suffisantes pour permettre le calcul de ce flux par l'optique géométrique. Cette hypothèse, inexacte en vision diurne, devient vraisemblable en vision nocturne, parce qu'un certain nombre de bâtonnets voisins, trois au minimum, sont réunis à une même fibre du nerf optique. D'après Osterberg [4], dans la région parafovéale, qui est la plus sensible, il y aurait 150000 bâtonnets par millimètre carré et par suite le diamètre de l'unité sensorielle serait au moins de 5^{μ}.

Soit n l'indice de l'œil pour la longueur d'onde Λ qui est exactement au point pour les rayons centraux. Avec une longueur d'onde plus courte ($dn > 0$), les rayons centraux convergent trop, et les marginaux encore plus; les rayons efficaces qui atteindront l'élément feront avec le dioptre un angle d'incidence inférieur à une certaine valeur dont nous désignerons le sinus par x. Un calcul simple montre qu'en prenant le rayon du dioptre comme unité de longueur, x est racine de l'équation

$$(n-1)x^3 + 2n\,dn\,x - Dn^2(n-1) = 0.$$

Si $dn < 0$, il se peut que les rayons centraux soient efficaces jusqu'à une incidence x_1, et que les rayons marginaux le soient pour les incidences comprises entre x_2 et x_3; x_3 est racine de l'équation ci-dessus, tandis que x_1 et x_2 le sont de l'équation qui en dérive en changeant le signe devant D. Le flux d'énergie utile sera proportionnel à $x_1^2 - x_2^2 + x_3^2$. Pour une certaine valeur de dn, ce flux passera par un maximum, ce qui a lieu sensiblement quand $x_1 = x_2$, et la condition de racine double conduit à la relation

$$\frac{2n\,dn}{3(n-1)} = -\left(\frac{Dn^2}{2}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

En prenant $n = 1{,}34$ et $D = 0{,}001$ (diamètre sensoriel de 5^{μ} et dioptre de rayon 5^{mm}), on en déduit $dn = -0{,}0035$. Cela signifie que l'indice correspondant à la longueur d'onde Λ de mise au point sera supérieur d'au moins 0,0035 à celui de la longueur d'onde λ produisant le flux d'énergie maximum sur l'élément rétinien. Ce flux aura sa plus grande efficacité visuelle si λ coïncide avec le maximum du facteur de visibilité relative en vision nocturne, soit $514^{m\mu}$.

---

(3) Voir surtout van Heel, *The Dioptric Review*, 37, 1935, p. 496.

(4) *Act. Ophthalm.*, 6, 1935, p. 102.

D'après la dispersion du corps vitré, cela conduit à prendre $\Lambda \leq 450^{m\mu}$. L'écart de convergence avec la vision diurne ($\Lambda = 580^{m\mu}$) est cette fois de l'ordre de 1,5 dioptrie.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Un supplément de vitamine C peut-il avoir une action sur la respiration de la cellule vivante?* Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les qualités chimiques de la vitamine C permettent de concevoir qu'elle puisse intervenir dans le jeu des oxydations intracellulaires; cependant les recherches qui ont essayé de faire apparaître la preuve de l'intervention de la vitamine C dans la respiration des tissus ont apporté des résultats contradictoires. Si la vitamine C joue un rôle dans les oxydo-réductions, la pénétration de faibles doses d'acide ascorbique dans une cellule vivante doit pouvoir modifier le rythme de ses oxydations. La technique utilisée pour nos recherches est semblable à celle qui a été employée pour mettre en évidence l'action de la vitamine B_2 (1). Ici, cependant, une précaution supplémentaire était nécessaire, à cause de l'instabilité des solutions d'acide ascorbique. Dans chacune des expériences réalisées, la solution d'acide ascorbique utilisée est fabriquée au moment même de son utilisation.

La cellule animale vivante choisie pour ces recherches est la cellule de la glande salivaire de la larve de Chironome. Dans chaque expérience, l'une des glandes de l'organisme étudié est placée dans une goutte de liquide Ringer et, au même moment, l'autre glande est placée dans une goutte de liquide Ringer contenant 1/5000 d'acide ascorbique. Après un séjour de 10 minutes, on ajoute à chacune de ces deux solutions la même quantité d'un même leucodérivé. L'oxydation plus ou moins rapide du leucodérivé qui a pénétré dans les cellules, placées sous lamelles, permet d'apprécier le pouvoir d'oxydation de chacune des deux glandes. Les réactifs les plus divers ont été utilisés; leucodérivés des substances suivantes : bleu de méthylène, bleu de crésyl, bleu de Nil, phénosafranine, rouge neutre, vert de méthyle et vert Janus. Dans chacune des expériences réalisées, le pouvoir d'oxydation des cellules traitées par l'acide ascorbique s'est révélé égal à celui des cellules non traitées.

On sait que les solutions peu concentrées d'acide ascorbique ont une faible stabilité. La présence du liquide de Ringer peut encore augmenter cette instabilité. Nous avons refait les expériences précédentes avec la même technique et les mêmes leucodérivés, mais en remplaçant le liquide de Ringer par de l'eau. Pour chaque expérience, la durée du séjour de chacune des deux glandes

(1) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, 134, 1940, p. 25.

d'un même individu, l'une dans l'eau, l'autre dans la solution aqueuse d'acide ascorbique à 1/5000, est seulement de 7 minutes. Avec ces nouvelles conditions, dans quelques expériences, on constate une faible augmentation du rythme des oxydations pour les cellules ayant absorbé de l'acide ascorbique. La faible augmentation du pouvoir oxydant intracellulaire ainsi constatée ne dépend pas du leucodérivé utilisé, mais de l'organisme traité.

Les expériences sur les cellules végétales ont porté sur des types cellulaires divers. Les conditions expérimentales sont semblables à celles que nous venons de décrire. Un fragment microscopique de tissu, prélevé sur le végétal vivant, est divisé en deux parties égales. L'une de ces parties est placée dans une goutte d'eau, l'autre dans une goutte de solution aqueuse à 1/5000 d'acide ascorbique. Après un séjour de 10 à 15 minutes, variable suivant les expériences, la même quantité du même leucodérivé est ajoutée à chacune des deux préparations, afin d'étudier le pouvoir oxydant intracellulaire. Les tissus suivants ont été examinés : épiderme de la feuille de Poireau, avec l'un ou l'autre des quatre leucodérivés des substances suivantes : phénosafranine, rouge neutre, bleu de crésyl, bleu de Nil ; les parois de l'anthère et l'épiderme du filet de l'étamine, dans les fleurs jeunes de Linaire, avec le leucodérivé du bleu de crésyl et avec le leucodérivé de la phénosafranine; les mêmes leucodérivés ont été utilisés pour l'étude de fragments de jeunes ovules et de l'épiderme du filet de l'étamine de la Rose trémière, des épidermes du pédoncule floral et du filet de l'étamine chez le Glaïeul. L'épiderme de la bordure du stigmate et celui du filet de l'étamine de jeunes fleurs de Lis ont été étudiés avec les trois leucodérivés des substances suivantes : bleu de Nil, bleu de crésyl et phénosafranine.

Les résultats obtenus sont les suivants : en dehors du cas de l'épiderme du pédoncule floral du Glaïeul, dont les cellules manifestent, après absorption d'acide ascorbique, un pouvoir oxydant légèrement plus élevé (augmentation du pouvoir oxydant qui se traduit par leur action sur le leucodérivé du bleu de crésyl), dans tous les autres cas, les résultats obtenus sont négatifs. La présence d'un supplément d'acide ascorbique dans la cellule ne modifie pas le rythme de sa respiration.

Conclusions. — Contrairement à ce que nous avons constaté dans les recherches sur la vitamine B_2, où la cellule vivante, dans des conditions qui ont été précisées [2], pouvait utiliser un supplément de vitamine pour augmenter sa respiration, en ce qui concerne la vitamine C nos expériences ne font pas apparaître nettement la possibilité d'une intervention de cette vitamine dans les oxydations cellulaires. Les conséquences de cette constatation négative sont limitées par les conditions expérimentales des recherches ; elles

(2) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 406.

n'apportent naturellement pas la preuve de la non-intervention de la vitamine C dans la respiration cellulaire.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur le mécanisme de l'action vasoconstrictive de la bufoténine.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

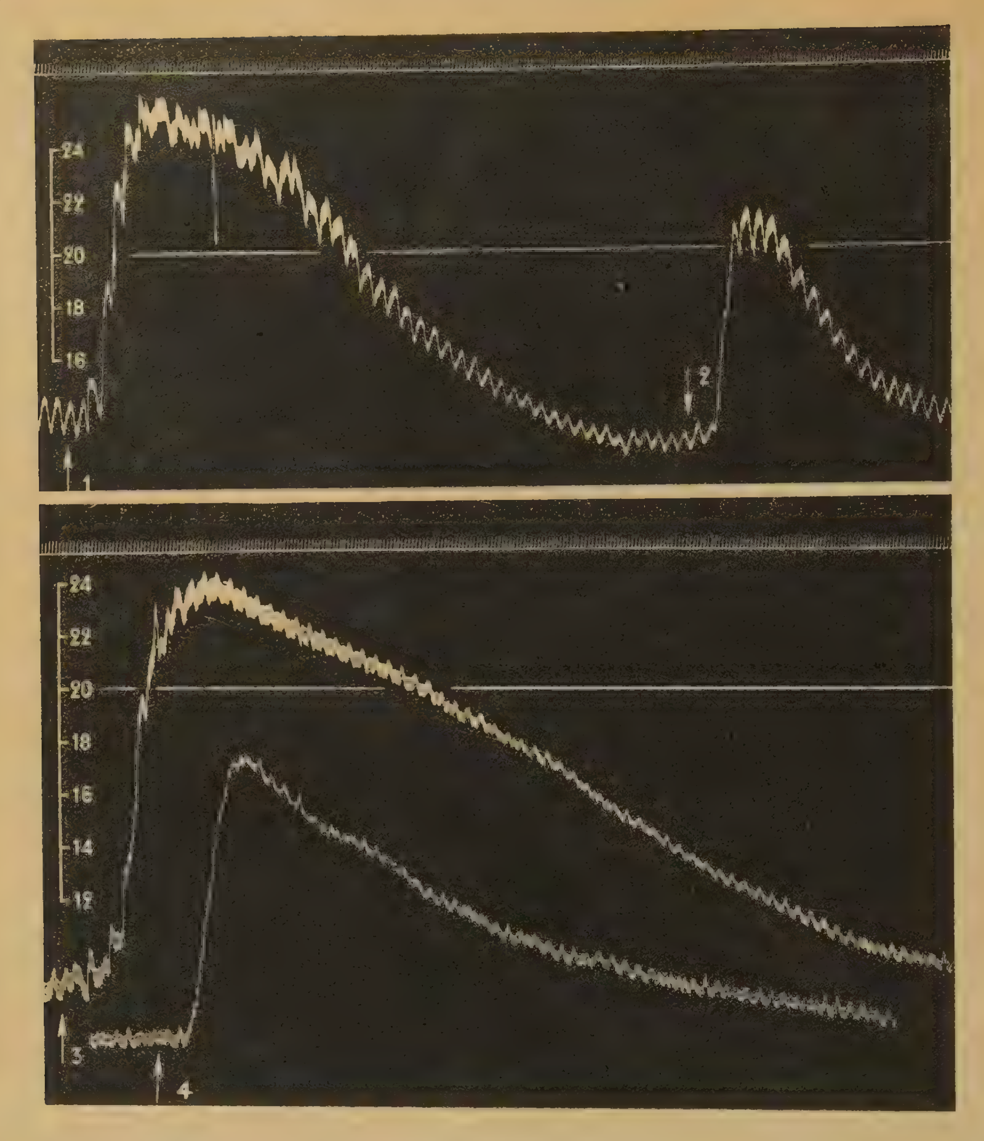
Puisque la bufoténine, à laquelle le venin de Crapaud doit, comme l'ont montré Gabriel Bertrand et C. Phisalix, beaucoup de son activité, se comporte comme les substances adrénaliniques et hyperadrénalinogènes à l'égard des sympathicolytiques, nous avons cru nécessaire de rechercher si elle réagissait comme celles-ci, non plus aux sympathicolytiques, mais aux sympathicosthéniques.

Nos expériences nous ont montré que, sous l'influence du plus anciennement connu des sympathicosthéniques, c'est à savoir de la cocaïne, l'action hypertensive de la bufoténine n'est pas diminuée comme celle de certains corps chimiquement voisins de l'adrénaline, tels que l'éphédrine et la tyramine, mais est augmentée comme celle des substances qui sont ou véritablement adrénaliniques, telles que l'adrénalone, la N-éthylnoradrénaline et la N-éthylnoradrénalone, ou hyperadrénalinogènes telles que la nicotine et la lobéline. Nous avons pu constater, par exemple, dans celle de nos expériences qui correspond aux tracés ci-contre, que la pression carotidienne avait été élevée de 147 à 260, soit de 113^{mm} de Hg, par l'injection de $0^{mg},5$ de bufoténine par kilogramme, de 130 à 215, donc de 85^{mm} de Hg, par celle de $0^{mg},01$ d'adrénaline pour un chien de 8^{kg}. Vingt minutes après que l'animal eût reçu sous la peau des flancs 30^{mg} de chlorhydrate de cocaïne par kilogramme, l'injection de bufoténine et d'adrénaline, aux mêmes doses que précédemment, haussèrent la pression carotidienne, celle-là de 95 à 245, c'est-à-dire de 150^{mm} de Hg, celle-ci de 70 à 175, donc de 105^{mm} de Hg. Ainsi, dans cette expérience, la cocaïnisation a augmenté de 23 % l'hypertension produite par l'adrénaline, de 32 % la hausse de pression provoquée par la bufoténine. Notons qu'elle a, en outre, beaucoup prolongé l'une et l'autre.

Ayant montré antérieurement [1] que l'action vasoconstrictive de la bufoténine diffère de celle de l'adrénaline, nous nous croyons autorisé à admettre qu'il la faut assimiler à celle des substances hyperadrénalinogènes.

---

[1] *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1414.



Chien de 8^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. — 1re et 3e lignes : temps en secondes. 2e, 4e et 5e lignes : variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. On a injecté dans la saphène, en 1 et 3 : 4^{mg} de bufoténine préparée par H. Wieland et dissoute, après neutralisation par l'acide chlorhydrique dilué, dans 2^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium, en 2 et en 4 : $0^{mg},01$ d'adrénaline en solution dans 1^{cm^3} de ce même soluté. Entre la fin du tracé supérieur et le début du tracé inférieur, l'animal a reçu une injection sous-cutanée de 240^{mg} de chlorhydrate de cocaïne et a été laissé au repos pendant 20 minutes. Tracés réduits de 30 %.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La valeur de quelques sources de calcium dans la production du rachitisme expérimental.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

La production expérimentale du rachitisme chez le Rat blanc est habituellement réalisée en soumettant l'animal, dès le sevrage et à l'obscurité, à un

régime exclusif présentant à la fois une carence en vitamine D et un déséquilibre phosphocalcique marqué, se traduisant par un rapport Ca/P plus grand que 2. La guérison est classiquement obtenue : par irradiation ultraviolette de l'animal ou de la ration, par adjonction au régime d'une source de vitamine D naturelle ou synthétique, ou encore par addition d'une source de phosphore capable de rétablir l'équilibre phosphocalcique en ramenant le rapport Ca/P entre les limites extrêmes de 0,5 et 1,5. Une telle schématisation offre l'inconvénient de passer sous silence certains éléments (iode, alcalose) qui peuvent jouer, dans l'évolution du rachitisme expérimental, un rôle également important ([1]). Par contre, le phosphore s'est révélé comme d'efficacité irrégulière, celle-ci paraissant liée à la présence du groupe P^2O^5, exaltée par le nombre de molécules d'eau fixées par l'anhydride et entravée par certains métaux salifiant les acides ainsi obtenus ([2]). Cette variabilité d'action curative des sources de phosphore nous a engagé à rechercher les variations possibles de la valeur rachitigène d'un excès de calcium en rapport avec la nature de l'acide combiné; on sait, en effet, que l'action acidifiante du chlorure de calcium s'oppose à l'action alcalinisante du gluconate de calcium, lorsque ces sels sont administrés par voie intraveineuse ([3]).

Nous avons pris, pour base de nos essais, le régime rachitigène Randoin-Lecoq, dont la composition permet, à l'aide de substitutions, d'étudier l'influence des divers constituants et de leurs équivalents ([4]). Toutefois, pour faciliter les manipulations, nous avons dû scinder l'ancien mélange salin en deux parts : la première étant uniquement constituée par le sel calcique employé (lactate de calcium), et la seconde par le mélange de tous les autres sels minéraux. La composition centésimale du régime devenait ainsi :

Peptone de muscle	17
Levure de bière	3
Graisse de beurre	5
Huile d'olive	5
Mélange salin 242 (*)	2,05
Lactate de calcium	1,95
Saccharose, Q. S. pour	100

(*) Le mélange salin 242 s'obtient en triturant au mortier : Iodure de potassium 0,089, Alun de potassium calciné 0,011; Sulfate de manganèse 0,035; Fluorure de sodium 0,115; Citrate ferrique 4,80; Carbonate de magnésium 13,69; Chlorure de potassium 40,67; Carbonate de sodium anhydre 40,67.

Compte tenu des constituants entrant dans sa composition, le régime renfermait en moyenne 0,466 de calcium % (dont 0,384 fourni par le sel pur) et 0,180 de phosphore, donnant un rapport Ca/P voisin de 2,6.

Éliminant les phosphates mono-, bi- et tricalcique et le glycérophosphate de

---

([1]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1891; 212, 1941, p. 938.

([2]) R. Lecoq, *Bull. Acad. Méd.*, 113, 1935, p. 760.

([3]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 314.

([4]) L. Randoin et R. Lecoq, *Ann. Falsif. et Fraudes*, 21, 1928, p. 68.

calcium, dont nous connaissons l'action calcificatrice du radical phosphorique, nous avons retenu le bromure, le carbonate, le chlorure, le gluconate et l'hypophosphite de calcium, sels figurant au Codex 1937. La proportion en fut calculée de manière à ce que la teneur en calcium du régime restât la même : $2^g,05$ de lactate de calcium étaient remplacés par $2^g,25$ de bromure de calcium fondu ; $0^g,95$ de carbonate de calcium ; $1^g,05$ de chlorure de calcium desséché ; $4^g,30$ de gluconate de calcium ou $1^g,62$ d'hypophosphite de calcium. Dans le dernier cas, le taux de phosphore s'élevant à 0,770 %, le rapport Ca/P tombait à 0,6.

Des lots de jeunes rats blancs de 35 à 45^g, poids correspondant à l'époque du sevrage, furent maintenus à l'obscurité et soumis à des régimes ne différant entre eux que par les sources de calcium précédemment énumérées. Sur une portée de six rats, deux étaient gardés comme témoins et mis au régime Randoin-Lecoq, les quatre autres recevant l'un des régimes à essayer. Des radiographies pratiquées 7 à 10 jours après le début de l'expérience permettaient d'apprécier l'existence et l'intensité des lésions rachitiques osseuses produites. Mal toléré, le bromure de calcium entraînait la mort des rats, avec perte de poids et sans rachitisme, dès le 2e ou 3e jour. Le carbonate, le chlorure, le gluconate et l'hypophosphite de calcium assuraient au contraire d'assez bons développements pondéraux et l'apparition de lésions rachitiques osseuses nettes, survenant dans les mêmes délais et très comparables en intensité à celles qu'on observe avec le lactate de calcium.

Conclusions. — En cas d'insuffisance de phosphore sous forme phosphorique, carbonate, chlorure, gluconate, hypophosphite et lactate de calcium produisent chez le jeune Rat blanc, pour un apport égal de calcium, des lésions rachitiques comparables en rapidité et en intensité.

Cette constance d'action des sels de calcium, y compris l'hypophosphite, ne permet pas de toujours attribuer la même signification à la valeur du rapport Ca/P dans l'appréciation de l'équilibre minéral d'une ration. Les diverses sources de phosphore sont d'activités calcificatrices très inégales ; le phosphore de l'hypophosphite de calcium se montre dépourvu de toute efficacité et ne peut empêcher l'évolution du rachitisme expérimental, alors que le rapport Ca/P du régime dans lequel il entre atteint 0,6.

C'est seulement en limitant la valeur de P au phosphore fourni par le radical P^2O^5 qu'on conservera toute sa validité au rapport Ca/P ; encore conviendra-t-il, pour tenir compte des faits observés antérieurement [5], de faire intervenir des coefficients appropriés au nombre de molécules d'eau fixées par l'anhydride phosphorique et en fonction des métaux salifiant les acides ainsi obtenus.

---

[5] R. Lecoq et H. Villette, *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 1051 ; **114**, 1933, p. 1096.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la teneur du sérum sanguin en vitamine* E *au cours de la gestation humaine*. Note de M. **Jacques Varangot**, présentée par M. Maurice Javillier.

Mlle A. Vinet et P. Meunier (¹) ont établi une technique de dosage de la vitamine E dans le sérum sanguin, basée sur l'étude cinétique à l'électrophotomètre de la réduction du ferricyanure ferrique par un extrait chloroformique de sérum non saponifié.

Nous avons essayé de préciser la teneur du sang en vitamine E chez les femmes enceintes au moyen de cette technique. Nous avons effectué une première série de mesures entre le 10 septembre et le 5 novembre 1941. L'étude comparative d'hommes normaux, de femmes non enceintes et de femmes en état de gestation nous a fourni les chiffres rapportés dans le tableau suivant :

	Nombre de mesures.	Valeur moyenne (*).	σ.
Hommes normaux	31	1,38	(0,45) (²)
Femmes non enceintes	18	1,34	(0,36)
» enceintes	61	1,61	(0,45)

(*) Exprimées en milligrammes de tocophérol pour 100^{cm^3} de sérum sanguin.

La différence entre les deux premiers groupes ne se montre pas statistiquement significative (³). Mais l'écart d'environ 20 % existant entre les sérums de femmes non enceintes et enceintes est nettement significatif.

Dans ce troisième groupe, nous avons observé que le taux de la vitaminémie E augmentait avec l'âge de la grossesse :

	Nombre de mesures.	Valeur moyenne observée.	σ.
Avant le quatrième mois	14	1,25	(0,15)
Du quatrième au septième mois	25	1,65	(0,33)
Du septième mois au terme	22	1,82	(0,58)

Dans une série de mesures ultérieures pratiquées entre le 14 janvier et le 26 février 1942, nous avons trouvé les chiffres suivants :

	Nombre de mesures.	Valeur moyenne.	σ.
Pendant les deux derniers mois de la grossesse	28	1,48	(0,63)
Le lendemain de l'accouchement	24	1,36	(0,41)
Dix jours après l'accouchement	29	1,00	(0,23)

(¹) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 709.

(²) Les chiffres entre parenthèses représentent la valeur de l'écart quadratique moyen σ pour une mesure.

(³) Nous avons employé les formules données par R. A. Fisher dans sa Monographie, *Statistical Methods for Research Workers*, 1 vol., Londres, 1936.

Il existe donc une différence d'environ 30 %, très significative, entre la teneur du sang en vitamine E immédiatement après l'accouchement et celle que l'on observe dix jours plus tard.

Nous avons noté une différence nette entre les chiffres obtenus au cours de nos deux séries de mesures. Les dosages réalisés en janvier-février 1942 montrent une diminution de 25 % environ de la teneur du sang en vitamine E. Cette chute affecte de façon identique les femmes enceintes et celles qui ne le sont plus. L'écart existant entre la vitaminémie de ces deux groupes de femmes n'a pas été affecté par les variations saisonnières.

Nos observations montrent donc que le pouvoir réducteur des extraits chloroformiques du sérum vis-à-vis du ferricyanure ferrique augmente au cours de la grossesse et retourne à la normale après l'accouchement. On est en droit de se demander tout d'abord si cette élévation n'est pas due à la présence d'un corps différent de la vitamine E. Aucune substance réductrice *actuellement connue* et *présente dans le sang* ne peut être incriminée. La vitamine C et le glutathion ne passent pas dans l'extrait chloroformique. Les caroténoïdes et la vitamine A, les stérols sexuels et les phospho-aminolipides peuvent être entraînés avec la vitamine E dans les conditions de l'extraction, mais la cinétique de la réduction du ferricyanure ferrique par ces corps est très différente de celle du tocophérol, qui détermine une réduction presque instantanée (4). Mühlbock (5) a montré que l'indice d'iode du sérum augmentait au cours de la grossesse, mais cette élévation du taux des acides gras non saturés, en rapport elle-même avec l'augmentation des phospho-aminolipides, ne peut à elle seule rendre compte du phénomène que nous avons observé.

Nous pensons donc qu'il s'agit bien d'une élévation du taux de la vitaminémie, vraisemblablement d'origine endogène. Il est logique de penser que, pendant la gravidité, l'organisme maternel mobilise toutes ses réserves et fait passer dans le sang un supplément de vitamine E. On peut toutefois se demander si la mère ou le fœtus n'effectuent pas une véritable synthèse du tocophérol. Il a été impossible jusqu'à présent de savoir si cette substance représente réellement une vitamine pour l'espèce humaine. Les fluctuations saisonnières du taux sanguin plaident en faveur de son caractère vitaminique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur deux modes possibles de fixation du formol par certaines scléroprotéines.* Note (1) de Mlle **Cécile-Thérèse Baudouy**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que le formol modifie certaines propriétés physicochimiques des fibres collagènes; l'analyse de transformations du même ordre obtenues en

(4) P. Meunier et A. Vinet, *Ann. Chim. analyt.*, 23, 1941, p. 145.

(5) *Klinische Wochenschrift*, 16, 1937, p. 853

(1) Séance du 23 mars 1942.

traitant l'élastoïdine des Sélaciens par ce corps m'a conduite à reprendre l'étude quantitative de la fixation du formol par les protéines fibreuses. Highberger a donné, dans le cas du collagène de la poudre de peau, une méthode de dosage basée sur la distillation du formol fixé, après attaque par l'acide sulfurique dilué ([2]).

En utilisant cette méthode, j'ai trouvé, pour l'élastoïdine, des valeurs qui, à la saturation, sont supérieures à celles données par Highberger : soit 12 à 14^{mg} de formol fixé par gramme de protéine sèche à pH 8 et pour une concentration en formol de 1 %, contre 7^{mg} seulement, fixés par la peau dans les mêmes conditions.

Cependant on ne peut savoir si la totalité du formol a été libérée au moment de la distillation. A propos d'un problème voisin, Velluz fait, en effet, remarquer que le caractère irréversible de la neutralisation des toxines par le formol doit être dû à une action plus énergique que la simple méthylénisation des groupes NH^2.

Afin de suivre les stades qui précèdent la saturation, j'ai dû utiliser des solutions de formol beaucoup plus diluées et m'adresser à la méthode de dosage par le dimédon préconisée par Velluz à propos de la neutralisation des toxines ([3]).

L'élastoïdine étant totalement insoluble, les opérations du dosage en sont simplifiées : 500^{mg} d'élastoïdine sont mis en contact, à 38°, dans des fioles coniques soigneusement bouchées, avec 25$^{cm^3}$ de solutions de formol à divers titres, tamponnées à pH 8. Les prélèvements sont faits aux temps voulus et les précipités de bisdimédon filtrés sur creusets filtrants pyrex. Le formol fixé est calculé par différence entre le taux initial et le taux final des solutions imprégnantes. Tous les essais sont faits concurremment avec des témoins subissant les mêmes temps de séjour à l'étuve.

Ce mode de dosage m'a permis de constater que l'élastoïdine fixe, en réalité, des quantités de formol notablement supérieures à celles indiquées par la méthode de Highberger. En effet, à la saturation, on trouve déjà 15^{mg} fixés, pour une concentration de 0,6 ‰; 20^{mg} pour 2,2 ‰ et 40^{mg} pour une solution à 1 % de formol.

A quoi pourrait-on attribuer la différence des résultats donnés par les deux méthodes ? Il ne peut s'agir d'une disparition du formol libre par polymérisation; en font foi les solutions témoins dont le titre ne varie pas. Pas davantage d'un défaut de la méthode de Highberger, puisqu'en répétant les dosages avec du collagène de tendon, très comparable à celui de la peau, on retrouve, par les deux méthodes, exactement les mêmes chiffres de fixation de formol.

([2]) *Journ. Amer. Leat. Chem. Assoc.*, 1, 1939, p. 39.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 1, 1938, p. 35.

Enfin l'hypothèse d'une rétention du formol dans la fibre par adsorption peut être écartée, car le liquide exprimé des fibres par pression montre la même concentration en formol que le liquide environnant et la différence des résultats persiste après lavage prolongé des fibres.

On est en droit de penser que, dans le cas de l'élastoïdine et de quelques autres scléréoprotéines dont il nous reste à parler, une partie seulement du formol serait libérable par l'acide sulfurique, parce qu'il aurait été fixé, comme dans le tendon et la peau, d'une manière assez labile (peut-être par méthylénisation des groupes NH^2?); le reste du formol serait, au contraire, fixé d'une manière beaucoup plus stable, suivant le mode de condensation qui a été signalé par W. Craig, Wadsworth et Pangborn et confirmé par Velluz, à propos du tryptophane et de l'histidine (4).

Il est en effet connu que le tryptophane forme avec le formol un composé cristallisé dont la formule est

$$C_8H_5(NH)\text{—}CH^2\text{—}CH(NH^2)\text{—}COOH + H.CHO = C_8H_5(NH)\text{—}CH^2\text{—}CH.COOH\text{—}NH\text{—}CH^2 + H^2O$$

Le radical méthylène, appartenant désormais à un cycle, ne doit plus pouvoir en être détaché facilement, et c'est ainsi que Wadsworth et Pangborn (5) constatent que le pourcentage de ce qu'ils appellent *reversiblybound formaldehyde* est considérablement plus faible lorsque le formol est condensé avec le tryptophane qu'avec les autres acides aminés. Il en est de même avec l'histidine, dont le complexe *histidine-formol* a été isolé par Holden et Freemann (6).

Or j'ai pu constater que, par distillation dans les conditions où opère Highberger, il est impossible de libérer la moindre trace de formol à partir de ces complexes; tandis que des essais analogues faits avec le glycocolle, la proline, la lysine, la tyrosine, l'arginine libèrent quantitativement le formol combiné.

Par ailleurs, les collagènes ne contiennent pas de tryptophane et extrêmement peu d'histidine; le formol qu'ils fixent est entièrement libérable par l'acide sulfurique. Tout porte à croire que, dans le cas de l'élastoïdine, au contraire, une notable portion du formol est liée à des chaînes latérales tryptophane et histidine, de façon irréversible.

Il m'a paru intéressant de chercher un appui à cette hypothèse en examinant ce qui se passe avec une protéine connue pour sa richesse en histidine, la globine.

De la globine préparée à partir du sang de cheval est traitée, dans les mêmes conditions que l'élastoïdine, par du formol à 1 % et à 0,9 ‰. Il est remar-

(4) *Journ. of Biol. Chem.*, 113, 1936, p. 759.
(5) *Journ. of Biol. Chem.*, 116, 1936, p. 424.
(6) *Australian J. Exp. Biol. and Med. S. C.*, 8 1931, p. 189.

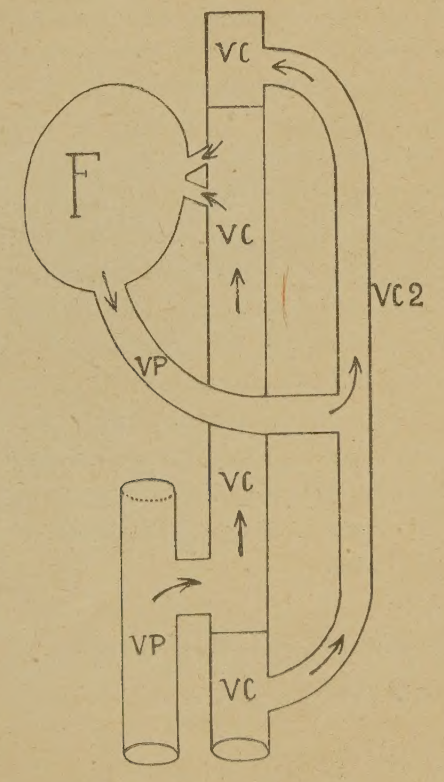
quable de constater que les taux de fixation du formol sont ici encore plus élevés : 1g de globine fixe 22mg de formol pour une concentration de 0,9 °/₀₀, ce chiffre étant, bien entendu, donné par la méthode au dimédon. Si l'on cherche à recueillir le formol ainsi fixé par la globine au moyen de la méthode de Highberger, on n'en retrouve que 30 % environ.

Il est donc permis d'affirmer que, l'histidine et le tryptophane interviennent de façon toute particulière dans la fixation du formol par les protéines.

CHIRURGIE PHYSIOLOGIQUE. — *Technique d'un projet expérimental d'inversion du cours du sang dans le foie.* Note (1) de M. **Robert Didier**, présentée par M. Louis Bouvier.

L'idée nous ayant été donnée par M. Hallion de chercher à inverser le cours du sang dans le foie, nous avons pu mettre au point et réaliser chez le Chien une intervention qui nous a permis d'entretenir pendant plusieurs heures une circulation hépatique intervertie.

Le principe de notre intervention est d'amener le sang veineux collecté par



la veine porte à se déverser dans le foie par les veines sus-hépatiques et de lui faire parcourir l'organe de haut en bas, c'est-à-dire inversement au cours

(1) Séance du 16 mars 1942.

normal, et enfin de le conduire dans la veine cave supérieure, où il retrouverait sa direction naturelle par l'intermédiaire d'un canal veineux greffé et moyennant une série appropriée d'anastomoses et de ligatures vasculaires.

Voici la technique résumée de l'opération que nous proposons en vue d'obtenir ce résultat :

On commence par implanter une veine cave prélevée sur un animal préalablement sacrifié à cet effet, sur la veine cave de l'animal à opérer, parallèlement à cette veine et à sa gauche, comme on le voit sur la figure ci-dessus.

Ce greffon doublerait la veine cave naturelle entre deux points, dont l'un est dans le thorax, et l'autre dans l'abdomen. La veine cave est liée une première fois sous l'anastomose supérieure, plus haut que les veines sus-hépatiques, au-dessus du diaphragme, puis au-dessus de l'implantation inférieure du greffon veineux; la veine porte est sectionnée en son milieu et, après avoir lié son extrémité inférieure, on fait en dessous de cette ligature une anastomose porte-cave; enfin l'extrémité supérieure de la veine porte est implantée au milieu du greffon veineux, par anastomose termino-latérale.

Ainsi le sang de la veine cave va passer par la veine cave de greffe; le sang de la veine porte va arriver au foie par les veines sus-hépatiques, le traverser et revenir, par l'intermédiaire de la veine porte, dans la veine cave d'emprunt, enfin dans la veine cave appartenant en propre à l'animal, où il reprend son cours normal.

Par deux fois nous avons exécuté et mené à bien cette opération; malheureusement nos animaux sont morts, l'un dans la nuit, l'autre le lendemain du jour de l'intervention, en sorte que nous n'avons pu faire utilement sur eux les investigations physiologiques que nous avions en vue. Mais la survie que nous avons obtenue, bien que limitée, nous incite à penser que l'on pourrait la prolonger dans des tentatives nouvelles, et il nous apparaît qu'on aurait alors lieu d'en attendre des conclusions d'ordre histologique, biologique et chimique du plus haut intérêt, et c'est ce qui nous détermine à relater nos essais. A notre avis, cette intervention, démontrée temporairement réalisable, n'aurait besoin que d'être mise au point pour permettre une survie supérieure à celle que nous avons obtenue.

A 15^h15^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15^h45^m.

L. B.